



2800

PATENT APPLICATION

3410

75
BT

02-1502

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of

Masashi KITABAYASHI et al.

2877

Application No.: 09/976,142

Filed: October 15, 2001

Docket No.: 110859

For: LENS EVALUATION METHOD AND LENS-EVALUATING APPARATUS

CLAIM FOR PRIORITYDirector of the U.S. Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2000-318541 filed October 18, 2000

Japanese Patent Application No. 2001-280670 filed September 14, 2001

In support of this claim, certified copies of said original foreign applications:

 X are filed herewith. were filed on in Parent Application No. filed . will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these documents.

Respectfully submitted,

James A. Oliff

Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini

Registration No. 30,411

JAO:TJP/mlb

Date: November 29, 2001

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

**DEPOSIT ACCOUNT USE
AUTHORIZATION**

Please grant any extension
necessary for entry;
Charge any fee due to our
Deposit Account No. 15-0461



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 9月14日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-280670

出 願 人

Applicant(s):

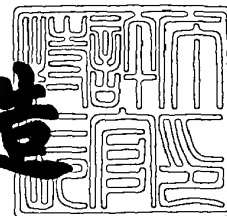
セイコーエプソン株式会社

RECEIVED
DEC 11 2001
TC 2800 MAIL ROOM

2001年 9月21日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3087573

【書類名】 特許願

【整理番号】 EPS1-0397

【提出日】 平成13年 9月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01M 11/00
G01M 11/02
G05B 19/00

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 北林 雅志

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 小島 広一

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 梅村 俊次

【特許出願人】

【識別番号】 000002369

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100079083

【弁理士】

【氏名又は名称】 木下 實三

【電話番号】 03(3393)7800

【選任した代理人】

【識別番号】 100094075

【弁理士】

【氏名又は名称】 中山 寛二

【電話番号】 03(3393)7800

【選任した代理人】

【識別番号】 100106390

【弁理士】

【氏名又は名称】 石崎 剛

【電話番号】 03(3393)7800

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-318541

【出願日】 平成12年10月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 021924

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0014977

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レンズの評価方法およびレンズ評価装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レンズの解像度を評価するために、解像度測定用のテストパターンを含む画像光を、前記レンズを介してスクリーン上に照射し、前記スクリーン上に前記解像度測定用のテストパターンの画像を表示して、表示されたテストパターン画像の輝度を撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、検出された輝度値に基づいて解像度評価値を算出するレンズの評価方法であって、

前記テストパターンが形成されていない、バックグラウンド部分の輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得するバックグラウンド輝度値取得手順と、

前記テストパターン画像中の最大輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する最大輝度値取得手順と、

前記テストパターン画像中の最小輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する最小輝度値取得手順と、

これら各手順で得られたバックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて、解像度評価値を算出する評価値算出手順とを備えていることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のレンズの評価方法において、

前記評価値算出手順によって算出される解像度評価値 MTF は、バックグラウンド輝度値を I_0 、最大輝度値を I_{\max} 、最小輝度値を I_{\min} とすると、

【数 1】

$$MTF = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_0 \times 2 - I_{\max} - I_{\min})$$

で与えられることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載のレンズの評価方法において、

前記撮像素子は電荷結合素子であり、この電荷結合素子の輝度値に対する出力が比例関係にある部分で前記バックグラウンド輝度値取得手順と、前記最大輝度値取得手順と、前記最小輝度値取得手順とが実施されることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 4】請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のレンズの評価方法において、

前記レンズは、複数の集光素子を光軸方向に沿って配置した組レンズとして構成され、各集光素子相互の位置を変更することで投影像を拡大縮小するズーム機能を具備し、

少なくともこのレンズの最小倍率および最大倍率のそれぞれで前記バックグラウンド輝度値取得手順、最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順、および評価値算出手順が実施されることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 5】請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のレンズの評価方法において、

前記撮像素子は、前記スクリーン面に沿って移動可能に構成され、

前記スクリーン上に投影された投写画像の外周端部に沿ってこの撮像素子を移動させる撮像素子移動手順と、

この撮像素子移動手順による移動中に、所定の位置で前記投写画像の端部画像を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する端部画像取得手順と

この端部画像取得手順で取得された前記投写画像の端部画像に基づいて、前記投写画像の歪曲収差量を算出する歪曲収差量算出手順とを備えていることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 6】請求項 5 に記載のレンズの評価方法において、

前記テストパターンが形成される検査シートは、前記投写画像の形成領域の外周近傍に形成される枠状部を備え、

前記端部画像取得手順は、前記スクリーン上に形成された枠状部の画像を取得することを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 7】請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載のレンズの評価方法において、

前記バックグラウンド輝度値、前記最大輝度値、前記最小輝度値に基づいて入力レベル値を算出する入力レベル値算出手順を備え、

前記バックグラウンド輝度値取得手順、前記最大輝度値取得手順、前記最小輝

度値取得手順、および前記入力レベル値算出手順は、前記投写画像内の複数の位置で実施され、

前記投写画像のうち、これらの手順が実施された所定位置における照度を取得する所定位置照度取得手順と、

前記所定位置における入力レベル値および照度と、他の位置における入力レベル値とに基づいて、該他の位置の照度を算出して前記投写画像全体の面内照度を算出する面内照度算出取得手順とを備えていることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 8】請求項 7 に記載のレンズの評価方法において、

前記他の位置の照度 L_e は、該位置における入力レベル値を I_{ie} 、前記所定位置における入力レベル値を I_{io} 、該位置における照度を L_o とすると、

【数 2】

$$L_e = L_o \times I_{ie} / I_{io}$$

で与えられることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 9】レンズの解像度を評価するためのレンズ評価装置であって、

解像度測定用のテストパターンが形成された検査シートと、

この検査シートに光を照射して前記テストパターンを含む画像光を前記レンズに導入する光源と、

前記レンズから照射された画像光を投影するスクリーンと、

このスクリーンに表示されたテストパターンの画像を撮像する撮像素子と、

この撮像素子で撮像された画像を取り込んで画像信号を生成する画像取り込み部と、

この画像取り込み部から出力される画像信号に基づいて、解像度評価値を演算処理する解像度評価値算出手段を含む信号処理部とを備え、

前記撮像素子には、該撮像素子に入射する光の光量を調整する光量調整手段が設けられ、この光量調整手段は、前記信号処理部からの制御信号に基づいて制御されることを特徴とするレンズ評価装置。

【請求項 10】請求項 9 に記載のレンズ評価装置において、

前記解像度評価値算出手段は、前記検査シートのテストパターンが形成されて

いない部分のバックグラウンド輝度値、前記テストパターン画像中の最大輝度値、および前記テストパターン画像中の最小輝度値に基づいて、前記解像度評価値を演算処理することを特徴とするレンズ評価装置。

【請求項 1 1】請求項 1 0 に記載のレンズ評価装置において、

前記解像度評価値算出手段は、解像度評価値 M T F を、バックグラウンド輝度値を I_0 、最大輝度値を I_{max} 、最小輝度値を I_{min} とすると、

【数 3】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / (I_0 \times 2 - I_{max} - I_{min})$$

で算出することを特徴とするレンズ評価装置。

【請求項 1 2】請求項 9 から請求項 1 1 のいずれかに記載のレンズ評価装置において、

前記撮像素子を前記スクリーン面に沿って移動させる撮像素子移動機構を備え

、
前記信号処理部は、この撮像素子を前記スクリーン上に投影された投写画像の外周端部に沿って移動制御する撮像素子制御手段と、

この撮像素子制御手段による撮像素子の移動中に、所定の位置で前記投写画像の端部画像を、撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する端部画像検出手段と、

この端部画像検出手段で取得された投写画像の端部画像に基づいて、前記投写画像の歪曲収差量を算出する歪曲収差量算出手段とを備えていることを特徴とするレンズ評価装置。

【請求項 1 3】請求項 1 2 に記載のレンズ評価装置において、

前記検査シートは、スクリーン上に投影される投写画像の形成領域の外周近傍に形成される枠状部を備えていることを特徴とするレンズ評価装置。

【請求項 1 4】請求項 1 2 または請求項 1 3 に記載のレンズ評価装置において、

前記投写画像中の所定位置の照度を検出する照度検出装置を備えていることを特徴とするレンズ評価装置。

【請求項 1 5】請求項 1 4 に記載のレンズ評価装置において、
前記解像度評価値算出手段は、前記バックグラウンド輝度値、前記最大輝度値、および前記最小輝度値に基づいて、入力レベル値を演算処理し、
該解像度評価値取得手段による入力レベル値の取得は、照度が検出される所定位置を含む投写画像内の複数の位置で行われ、
前記信号処理部は、前記照度検出装置で検出された所定位置の照度と、前記解像度評価値算出手段で算出された所定位置の入力レベル値および他の位置の入力レベル値とに基づいて、他の位置の照度を算出して前記投写画像全体の面内照度を算出する面内照度算出手段を備えていることを特徴とするレンズ評価装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プロジェクタに用いられるレンズの解像度を評価するために、解像度測定用のテストパターンを含む画像光を、前記投写レンズを介してスクリーン上に照射し、前記スクリーン上に前記解像度測定用のテストパターンの画像を表示して、表示されたテストパターン画像の輝度を撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、検出された輝度値に基づいて解像度評価値を算出するレンズの評価方法、およびこの評価方法を実行するためのレンズ評価装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【背景技術】

従来より、複数の色光を画像情報に応じて各色光ごとに変調する複数の液晶パネルと、各液晶パネルで変調された色光を合成するクロスダイクロイックプリズムと、このプリズムで合成された光束を拡大投写して投写画像を形成する投写レンズとを備えたプロジェクタが利用されている。

このプロジェクタに用いられる投写レンズは、その製造工程等のばらつきにより、画像解像度、フレアおよび色収差の特性にもばらつきが生じることがある。投写レンズの特性のばらつきは、プロジェクタによって表示される画像の品質に影響するため、レンズメーカーのレンズ出荷前及び、プロジェクタ組立投入前には、レンズの画像解像度、フレアおよび色収差の特性が評価されている。

【0003】

具体的には、例えば、投写レンズの解像度を評価する場合、評価シートに解像度測定用のテストパターンを形成し、このテストパターンに光を照射して、テストパターンを含む画像光を投写レンズに導入し、投写レンズから照射された画像光をスクリーン上に投影する。そして、このスクリーン上に表示されたテストパターンの画像をCCD (Charge Coupled Device) 等の撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、この装置で検出した画像をコンピュータ等で画像処理を行うことによって投写レンズの解像度の評価が行われる。

ここで、一般的にレンズの解像度の評価を行うための解像度評価値として、MTF (Modulation Transfer Function) 値が採用され、テストパターン画像中の検出輝度値の最大値を I_{\max} 、最小値を I_{\min} とすると、以下の数4により求められる。

【0004】

【数4】

$$MTF = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$$

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した構成においては、このような数4で算出されるMTF値は、計測する輝度が相対値となるため、画像の明るさの状態によってMTF値が変化してしまうという問題がある。

そして、上述した投写レンズの解像度の評価において、投写レンズから照射されてスクリーン上に投影された画像光は、中央部分の光の強度が最も強く、周縁部分に行くにしたがって弱くなる傾向にあるため、スクリーン上に投影された画像の複数箇所での輝度値を取得してMTF値を算出しても、同様の基準で評価をすることができないという問題がある。

また、プロジェクタの機種によって投写画像の明るさが異なる場合、各プロジェクタのレンズのMTF値を同列で比較することができないという問題がある。

【0006】

本発明の目的は、レンズの解像度の評価を、プロジェクタの機種や測定場所に影響されることなく、適正に行うことのできるレンズの評価方法、およびレンズ評価装置を提供することにある。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、本発明のレンズの評価方法は、レンズの解像度を評価するために、解像度測定用のテストパターンを含む画像光を、前記レンズを介してスクリーン上に照射し、前記スクリーン上に前記解像度測定用のテストパターンの画像を表示して、表示されたテストパターン画像の輝度を撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、検出された輝度値に基づいて解像度評価値を算出するレンズの評価方法であって、前記テストパターンが形成されていない、バックグラウンド部分の輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得するバックグラウンド輝度値取得手順と、前記テストパターン画像中の最大輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する最大輝度値取得手順と、前記テストパターン画像中の最小輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する最小輝度値取得手順と、これら各手順で得られたバックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて、解像度評価値を算出する評価値算出手順とを備えていることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

ここで、解像度測定用のテストパターンは、一般的な光学系の評価に用いられる所定の空間周波数で明部、暗部が設定された解像度チャートを採用することができ、空間周波数としては、20本/mm～80本/mmの間の複数の空間周波数を採用することができる。具体的には、解像度測定用のテストパターンとして、平行線型解像度チャートを用いることができ、空間周波数は、20本/mm、25本/mm、30本/mm、50本/mm、80本/mmに設定し、各空間周波数において、互いに直行する2種類の平行線型解像度チャートを一組としてテストパターンを構成することができる。

また、上述した最大輝度値は、上記テストパターン画像中の最も明るい部分の輝度値をいい、最小輝度値は、最も暗い部分の輝度値をいい、撮像素子で撮像し

たテストパターン画像において、パターンマッチング処理等の画像の輝度を検出する画像処理を行うことで求めることができる。

【 0 0 0 9 】

さらに、本発明の評価方法は、出力側のレベル 0 の値と入力側のレベル 0 との間にずれがあり、入力側でレベル 0 の光を導入しても、出力側でレベル 0 の光として出力されない、オフセット値が生じるような撮像素子を用いた画像取り込み装置を採用した場合に好適である。撮像素子としては、CCD、MOS (Metal Oxide Semiconductor) センサ等の撮像素子が考えられ、画像取り込み装置としては、これらの撮像素子からの出力が入力され、コンピュータ用の画像信号に変換するビデオキャプチャボード等の画像データ化手段が考えられる。

【 0 0 1 0 】

このような本発明によれば、解像度評価値を、バックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて算出しているため、スクリーン上に投影された画像の明るさが異なっても、バックグラウンド輝度値を加味して補正処理することにより、複数箇所で取得したバックグラウンド輝度値、最大輝度値、最小輝度値に基づいて算出された解像度評価値を同様の基準で評価することができ、プロジェクタの機種、表示画像上の場所等に影響されることなく、レンズの解像度を適切に評価することができる。

【 0 0 1 1 】

以上において、評価値算出手順によって算出される解像度評価値 MTF は、バックグラウンド輝度値を I_0 、最大輝度値を I_{max} 、最小輝度値を I_{min} とすると、以下の数 5 で算出することができる。

【 0 0 1 2 】

【数 5】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / (I_0 \times 2 - I_{max} - I_{min})$$

【 0 0 1 3 】

この数 5 は、次のような手順で求められる。

図 1 に示されるような平行線型の解像度測定用パターン C 1 の画像を撮像素子

を用いて検出し、撮像素子で検出されたパターン C 1 の明部、暗部の輝度値に解像度の評価を行う場合、解像度の評価値 M T F は、投写レンズに入射する画像光の入力コントラスト比となる入力レベルと、C C D カメラ等の撮像素子で検出された画像の出力コントラスト比となる出力レベルとの比で与えられ、数 6 の式により求められる。

【 0 0 1 4 】

【数 6】

$$M T F = (\text{出力レベル}) / (\text{入力レベル})$$

【 0 0 1 5 】

ここで、数 6 における出力レベルは、 $(I_{\max} - I_{\min})$ と置き換えられるので、数 6 は数 7 のように書き換えることができる。

【 0 0 1 6 】

【数 7】

$$M T F = (I_{\max} - I_{\min}) / (\text{入力レベル})$$

【 0 0 1 7 】

一方、入力レベルは、図 2 に示されるように、 $(I_{100\%} - I_{\max})$ の値と、 $(I_{\min} - I_{0\%})$ の値が等しいとすると、入力側の $I_{0\%}$ が出力側と同じ値であることを条件として数 8 により求められる。

【 0 0 1 8 】

【数 8】

$$\begin{aligned} (\text{入力レベル}) &= I_{\max} + (I_{100\%} - I_{\max}) \\ &= I_{\max} + (I_{\min} - I_{0\%}) = I_{\max} + I_{\min} \end{aligned}$$

【 0 0 1 9 】

したがって、解像度評価値 M T F は、背景技術で説明したと同様に、数 9 に示される式に基づいて求めることができる。

【 0 0 2 0 】

【数 9】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$$

【0 0 2 1】

しかしながら、CCD等の撮像素子を用いた画像取り込み装置で取得した画像から、入力レベルおよび出力レベルの関係を調べると、図3に示されるように、出力レベル側にオフセット値($I_{0\%} - I_{CCD0\%}$)が生じるため、この状態で数9に基づいて入力レベルを算出すると、オフセット値の倍の値が加算されることとなり、真の入力レベル値よりも大きな値となってしまう。また、上記CCD等の撮像素子におけるオフセット値は、バックグラウンド輝度値が変化すると、オフセット値も変化することがある。例えば、バックグラウンド輝度値が暗くなるほど大きな値となるので、その結果として算出される解像度評価値MTFは全体的に真の値よりも小さくなり、さらにバックグラウンド輝度が暗くなればなるほど小さな値となってしまう。

【0 0 2 2】

したがって、正しい解像度評価値MTFを求めるには、CCD等の撮像素子を用いた画像取り込み装置のオフセット分を除く補正が必要となる。

このようなオフセット分を除くには、入力レベルを、図3に示される出力側の最大輝度値 I_{max} 、および最小輝度値 I_{min} と、入力側の最大輝度値 $I_{100\%}$ における出力側の輝度の読み値 I_o が判れば、以下の数10によって求めることができる。

【0 0 2 3】

【数 1 0】

$$\begin{aligned} (\text{入力レベル}) &= I_{max} - I_{min} + (I_o - I_{max}) \times 2 \\ &= I_o \times 2 - I_{max} - I_{min} \end{aligned}$$

【0 0 2 4】

ここで、解像度評価値MTFは、空間周波数0、すなわちパターンがない状態で1となるので、テストパターンのない部分の明るさ、つまりバックグラウンド部分の輝度値を測定すればよい。また、この数10は、CCD等の撮像素子で検出された輝度値の差分のみを加算することにより算出されるため、上記のオフセ

ット分は相殺され、得られた入力レベルは、オフセット分が除かれた値となる。

以上より、CCD等の撮像素子を用いた画像取り込み装置のオフセット分を除いた適正な解像度評価値MTFは、以下の数11によって求められることとなる。

【0025】

【数11】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / (I_0 \times 2 - I_{max} - I_{min})$$

【0026】

このような本発明によれば、解像度評価値MTFが数11で表される式に基づいて求められるため、正確な解像度評価値MTFを得ることができ、プロジェクタの機種、表示画像上の場所等に影響されることなく、投写レンズの解像度をより適正に評価することができる。

【0027】

また、上述した撮像素子がCCDから構成されている場合、CCDの輝度値に対する出力が比例関係にある部分でバックグラウンド輝度値取得手順と、最大輝度値取得手順と、最小輝度値取得手順とが実施されるのが好ましい。

すなわち、CCD等の撮像素子において、画像光の輝度値に対する関係は、出力が明るすぎる部分、暗すぎる部分で比例関係が失われてしまい、適切な輝度値を取得することができない。そこで、CCD等の撮像素子に入射する画像光の明るさを調整する絞り等の光量調整手段を設けることより、撮像素子の直線関係が維持される部分での測定を行うことができるので、評価値算出手順でより正確な解像度評価値を算出することができる。

【0028】

また、前記レンズは、複数の集光素子を光軸方向に沿って配置した組レンズとして構成され、各集光素子相互の位置を変更することで投影像を拡大縮小するズーム機能を具備し、少なくともこのレンズの最小倍率および最大倍率のそれぞれで前記バックグラウンド輝度値取得手順、最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順、および評価値算出手順が実施されることが好ましい。

すなわち、複数の集光素子を光軸方向に沿って配置した組レンズにおいて、各

集光素子相互の位置を変更することで投写像を拡大縮小する際に、解像度評価値 M T F は、拡大された投写像および縮小された投写像によって異なる値を示す場合がある。そこで、解像度の評価として、少なくとも組レンズの最小倍率および最大倍率のそれぞれの状態で、各々の解像度評価値 M T F を算出し、レンズの評価を行う。したがって、このような評価を行うことで、プロジェクタとしてこの組レンズを組み込んだ時に、投影像を拡大縮小させた状態で生じる解像度評価値 M T F のずれを低減させたプロジェクタを提供できる。

【 0 0 2 9 】

また、前記撮像素子が、前記スクリーン面に沿って移動可能に構成されている場合、前記スクリーン上に投影された投写画像の外周端部に沿ってこの撮像素子を移動させる撮像素子移動手順と、この撮像素子移動手順による移動中に、所定の位置で前記投写画像の端部画像を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する端部画像取得手順と、この端部画像取得手順で取得された前記投写画像の端部画像に基づいて、前記投写画像の歪曲収差量を算出する歪曲収差量算出手順とを備えていることが好ましい。

【 0 0 3 0 】

このような本発明によれば、撮像素子は、スクリーン面に沿って移動可能であり、撮像素子移動手順と、端部画像取得手順と、歪曲収差量算出手順とを備えていることにより、スクリーン上に投影された投写画像の外周端部に沿って撮像素子を移動させ、所定の位置で端部画像を撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得することができる。したがって、投写画像の任意の位置で端部画像を取得して、設計上の画像投写位置と対比して歪曲収差を算出することができ、従来のような目視検査にて行っていた評価精度の曖昧さを解消し、正確にレンズの歪曲収差を評価することができる。

【 0 0 3 1 】

ここで、前記テストパターンが形成される検査シートは、前記投写画像の形成領域の外周近傍に形成される枠状部を備え、前記端部画像取得手順は、前記スクリーン上に形成された枠状部の画像を取得することが好ましい。

このような本発明によれば、検査シートが投写画像の形成領域の外周近傍に形

成される枠状部を備えている場合、端部画像取得手順は、スクリーン上に形成された枠状部外周形状に沿って、端部画像を取得することにより、取得された枠状部の端部画像から該枠状部の形状を容易にかつ高精度に特定することができ、より高精度にレンズの歪曲収差を評価することができる。

【 0 0 3 2 】

さらに、前記バックグラウンド輝度値、前記最大輝度値、および前記最小輝度値に基づいて入力レベル値を算出する入力レベル値算出手順を備え、前記バックグラウンド輝度値取得手順、前記最大輝度値取得手順、前記最小輝度値取得手順、および入力レベル算出手順が、前記投写画像内の複数の位置で実施されている場合、前記投写画像のうち、これらの手順が実施された所定位置における照度を取得する所定位置照度取得手順と、前記所定位置における入力レベル値および照度と、他の位置における入力レベル値とに基づいて、該他の位置の照度を算出して前記投写画像全体の面内照度を算出する面内照度算出取得手順とを備えていることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

このような本発明によれば、バックグラウンド輝度値取得手順、最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順、および入力レベル算出手順を投写画像内の複数の位置で実施することにより、相対値である入力レベル値を得ることができる。

また、所定位置照度取得手順および面内照度算出取得手順を実施することにより、所定位置における照度と前記入力レベル値とに基づいて、投写画像の面内照度分布を評価することができる。

ここで、入力レベル値は、バックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて算出されていることにより、撮像素子を用いた画像取り込み装置に生じるオフセット値が相殺された評価値となり、所定位置における照度と入力レベル値とに基づいて算出された投写画像の面内照度を同様の基準で評価することができる。したがって、このようにして投写画像の面内照度分布を算出しているため、従来のような、目視による検査精度の曖昧さを解消し、正確な投写画像の面内照度分布を評価することができる。

【 0 0 3 4 】

以上より、前記他の位置の照度 L_e は、該位置における入力レベル値を I_{ie} 、前記所定位置における入力レベル値を I_{io} 、該位置における照度を L_o とすると、

【0035】

【数12】

$$L_e = L_o \times I_{ie} / I_{io}$$

【0036】

で与えられることが好ましい。

【0037】

このような本発明によれば、他の位置の照度が、数12に示すように計算された相対値である入力レベル値の比と、絶対値である所定位置の照度との積によって求められるため、正確な照度を得ることができ、これら複数の照度を比較することにより、投写画像の面内照度分布を評価することができる。したがって、より正確な投写画像の面内照度分布を評価することができる。

【0038】

また、本発明のレンズ評価装置は、レンズの解像度を評価するためのレンズ評価装置であって、解像度測定用のテストパターンが形成された検査シートと、前記レンズから照射された画像光を投影するスクリーンと、この撮像素子から出力される画像信号に基づいて、解像度評価値を演算処理する解像度評価値算出手段を含む信号処理部とを備え、前記撮像素子には、該撮像素子に入射する光の光量を調整する光量調整手段が設けられ、この光量調整手段は、前記信号処理部からの制御信号に基づいて制御されることを特徴とする。

ここで、光量調整手段として、信号処理部から遠隔操作可能な自動絞り調整機構のようなものを採用することができる。

【0039】

このような本発明によれば、光量調整手段を備えていることにより、CCD等の撮像素子に入射する光の光量を、スクリーン上の画像光の輝度のばらつきに応じて調整することができるため、撮像素子に入力される光の光量を常に一定に保つことが可能となり、光量を調整した画像から算出された解像度評価値を同様の

基準で評価することができる。

さらに、解像度評価値算出手段における解像度評価値は、上述したレンズの評価方法と同様の手順により算出することができ、前記と同様の作用および効果を享受することができる。そして、解像度評価値算出手段は、コンピュータの動作制御を行うOS (Operating System) 上に展開されるプログラムとして構成することができ、バックグラウンド輝度値取得部、最大輝度値取得部、最小輝度値取得部、および評価値算出部を含んで構成することができる。

【0040】

また、本発明のレンズ検査装置は、前記撮像素子を前記スクリーン面に沿って移動させる撮像素子移動機構を備え、前記信号処理部は、この撮像素子を前記スクリーン上に投影された投写画像の外周端部に沿って移動制御する撮像素子制御手段と、この撮像素子制御手段による撮像素子の移動中に、所定の位置で前記投写画像の端部画像を、撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する端部画像検出手段と、この端部画像検出手段で取得された投写画像の端部画像に基づいて、前記投写画像の歪曲収差量を算出する歪曲収差量算出手段とを備えていることが好ましい。

このような本発明によれば、撮像素子をスクリーン面に沿って移動させる撮像素子移動機構を備え、信号処理部は撮像素子制御手段と端部画像検出手段と歪曲収差量算出手段とを備えていることにより、歪曲収差量算出手段におけるレンズの歪曲収差量は、上述したレンズの評価方法と同様の手順により算出することができ、前記と同様の作用および効果を享受することができる。

【0041】

さらに、本発明のレンズ検査装置は、前記検査シートは、スクリーン上に投影される投写画像の形成領域の外周近傍に形成される枠状部を備えていることが好ましい。

このような本発明によれば、検査シートは、スクリーン上に投影される投写画像の形成領域の外周近傍に形成される枠状部を備えていることにより、撮像素子制御手段はこの枠状部の外周に沿って撮像素子を移動させ、端部画像検出手段は枠状部の端部画像を所定の位置で取得し、歪曲収差量算出手段は取得された端部

画像に基づいて投写画像の歪曲収差量を算出することができる。したがって、信号処理部は、容易に枠状部の端部画像を取得し、歪曲収差量を算出することができ、迅速かつ高精度にレンズの歪曲収差量を評価することができる。

【 0 0 4 2 】

また、本発明のレンズ検査装置は、前記投写画像中の所定位置の照度を検出する照度検出装置を備えていることが好ましい。

このような本発明によれば、投写画像中の所定位置の照度を検出する照度検出装置を備えていることにより、検出された照度を検査対象である各レンズにおいて比較することで、レンズに起因する照度の相違を評価することができる。

【 0 0 4 3 】

さらに、本発明のレンズ検査装置は、前記解像度評価値算出手段は、前記バックグラウンド輝度値、前記最大輝度値、および前記最小輝度値に基づいて、入力レベル値を演算処理し、該解像度評価値取得手段による入力レベル値の取得は、照度が検出される所定位置を含む投写画像内の複数の位置で行われ、前記信号処理部は、前記照度検出装置で検出された所定位置の照度と、前記解像度評価値算出手段で算出された所定位置の入力レベル値および他の位置の入力レベル値とに基づいて、他の位置の照度を算出して前記投写画像全体の面内照度を算出する面内照度算出手段を備えていることが好ましい。

このような本発明によれば、信号処理部は面内照度算出手段を備えていることにより、面内照度算出手段における面内照度は、上述したレンズの評価方法と同様な手順により算出することができ、前記と同様の作用および効果を享受することができる。

【 0 0 4 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の一形態を図面に基づいて説明する。

〔 1. 第 1 実施形態 〕

(1) 投写レンズが組み込まれるプロジェクタの構造

図 4 には、投写レンズが組み込まれるプロジェクタ 1 0 0 の構造が示されている。このプロジェクタ 1 0 0 は、インテグレート照明光学系 1 1 0、色分離光学

系120、リレー光学系130、電気光学装置140、色合成光学系となるクロスダイクロイックプリズム150、および投写光学系となる投写レンズ160を備えている。

【0045】

前記インテグレート照明光学系110は、光源ランプ111Aおよびリフレクタ111Bを含む光源装置111と、第1レンズアレイ113と、第2レンズアレイ115と、反射ミラー117と、重畳レンズ119とを備えている。光源ランプ111Aから射出された光束は、リフレクタ111Bによって射出方向が揃えられ、第1レンズアレイ113によって複数の部分光束に分割され、折り返しミラーによって射出方向を90°折り返された後、第2レンズアレイ115の近傍で結像する。第2レンズアレイ115から射出された各部分光束は、その中心軸（主光線）が後段の重畳レンズ119の入射面に垂直となるように入射し、さらに重畳レンズ119から射出された複数の部分光束は、電気光学装置140を構成する3枚の液晶パネル141R、141G、141B上で重畳する。

【0046】

前記色分離光学系120は、2枚のダイクロイックミラー121、122と、反射ミラー123とを備え、これらのミラー121、122、123によりインテグレート照明光学系110から射出された複数の部分光束を赤、緑、青の3色の色光に分離する機能を有している。

前記リレー光学系130は、入射側レンズ131、リレーレンズ133、および反射ミラー135、137を備え、この色分離光学系120で分離された色光、例えば、青色光Bを液晶パネル141Bまで導く機能を有している。

【0047】

前記電気光学装置140は、3枚の液晶パネル141R、141G、141Bを備え、これらは、例えば、ポリシリコンTFTをスイッチング素子として用いたものであり、色分離光学系120で分離された各色光は、これら3枚の液晶パネル141R、141G、141Bによって、画像情報に応じて変調されて光学像を形成する。

前記色合成光学系となるクロスダイクロイックプリズム150は、前記3枚の

液晶パネル 1 4 1 R、1 4 1 G、1 4 1 B から射出された各色光ごとに変調された画像を合成してカラー画像を形成するものである。クロスダイクロイックプリズム 1 5 0 で合成されたカラー画像は、投写レンズ 1 6 0 から射出され、スクリーン上に拡大投写される。

【 0 0 4 8 】

(2) 投写レンズ評価装置

図 5 は、本発明の一実施形態にかかる投写レンズ評価装置を示す説明図である。この装置は、図 4 のプロジェクタ 1 0 0 に用いられる投写レンズ 1 6 0 を評価するための装置である。

本実施形態にかかる投写レンズ評価装置は、評価対象である投写レンズ 1 6 0 が搭載される投写部 4 0 0 と、ミラー 5 1 0 と、スクリーン 5 0 0 と、測定部 6 0 0 とを備えている。この装置において、投写レンズ 1 6 0 は、取り外し可能であり、他の投写レンズに容易に交換することができる。

【 0 0 4 9 】

投写部 4 0 0 から射出された画像光（画像を表す光）は、ミラー 5 1 0 において反射され、スクリーン 5 0 0 を照射する。スクリーン 5 0 0 は、画像光が投写される投写面 5 0 0 a の裏面 5 0 0 b 側から画像を観察可能な透過型スクリーンである。測定部 6 0 0 は、スクリーン 5 0 0 上に表示された画像を用いて、投写レンズ 1 6 0 の解像度の評価を行う。

なお、以下の説明では、図 5 に示すように、評価装置は、スクリーン 5 0 0 の投写面 5 0 0 a と平行な面を X Y 平面とする X Y Z 直交座標系で表される。また、投写レンズ 1 6 0 は、図示しない保持部によって、X Z 平面に対し所定の角度だけ傾けて配置されている。このため、以下の説明では、投写部 4 0 0 を、X Y Z 直交座標系を X 軸を中心として上記の所定の角度だけ回転させた S T U 直交座標系で表す。なお、投写レンズ 1 6 0 の中心軸 n 1 は S U 平面に対し平行となっている。

【 0 0 5 0 】

図 6 は、図 5 の投写部 4 0 0 を + T 方向から見たときの様子を示す説明図である。図 6 に示すように、投写部 4 0 0 は、投写レンズ 1 6 0 の他に、光源装置 4

1 0 と、第 1 および第 2 のミラー 4 3 0、4 4 2 と、投写レンズ検査シート 4 5 0 と、検査シート保持部 4 4 0 と、検査シート保持部 4 4 0 の配置を調整するための 6 軸調整部 4 6 0 と、ダミープリズム 4 7 0 とを備えている。

なお、検査シート保持部 4 4 0 は、第 2 のミラー 4 4 2 に触れないように検査シート 4 5 0 を保持している。図 5 では、図 6 に示す光源装置 4 1 0 と第 1 のミラー 4 3 0 とは、6 軸調整部 4 6 0 と検査シート保持部 4 4 0 とダミープリズム 4 7 0 と投写レンズ 1 6 0 よりも、+ S 方向（紙面奥手方向）に存在するため、便宜上、図示を省略している。

【 0 0 5 1 】

なお、図 6 に示すように、投写部 4 0 0 は、図 4 のプロジェクタ 1 0 0 において投写レンズが使用される場合とほぼ同様な光が投写レンズ 1 6 0 に入射されるように構成されている。すなわち、光源装置 4 1 0 は図 4 の光源装置 1 1 1 に対応し、投写レンズ検査シート 4 5 0 は図 4 の液晶パネル 1 4 1 R、1 4 1 G、1 4 1 B に対応し、ダミープリズム 4 7 0 は図 4 のクロスダイクロックプリズム 1 5 0 に対応している。このような投写部 4 0 0 を備える評価装置を用いれば、プロジェクタにおいて投写レンズを使用する場合と同じような環境で、投写レンズを検査することができると考えられる。

【 0 0 5 2 】

図 6 の光源装置 4 1 0 は、光源ランプ 4 1 2 と放物面リフレクタ 4 1 4 とを備えている。放物面リフレクタ 4 1 4 は、その凹面が回転放物面形状となっている。光源ランプ 4 1 2 は、回転放物面形状の凹面の焦点位置近傍に配置されている。この構成により、光源ランプ 4 1 2 から射出され、放物面リフレクタ 4 1 4 で反射された光は、略平行な光線束となって光源装置 4 1 0 から射出される。なお、光源ランプ 4 1 2 としては、メタルハライドランプや高圧水銀ランプなどが用いられる。また、放物面リフレクタ 4 1 4 としては、例えば、ガラスセラミックスで形成された回転放物体の凹面上に、誘電体多層膜や金属膜などの反射膜が形成されているものが利用される。

【 0 0 5 3 】

第 1 および第 2 のミラー 4 3 0、4 4 2 は、光源装置 4 1 0 から射出され、色

光フィルタ 4 2 0 を通過した色光を投写レンズ 1 6 0 に導くための導光手段としての機能を有している。第 1 および第 2 のミラー 4 3 0、4 4 2 としては、すべての色光を反射するような誘電体多層膜が形成されたミラーや金属ミラーなどを用いることができる。

【 0 0 5 4 】

投写レンズ検査シート 4 5 0 は、図 7 に示される通り、ガラスなどの透光性であって所定厚み寸法（例えば、1.1mm）の基材の正面に画像領域（テストパターン）TP が形成されたものであり、基材の縦横が所定寸法（例えば、14.6mm×18mm）とされ、その内部には縦横が所定寸法（例えば、10.8mm×14.4mm）の矩形状の画像領域（テストパターン）TP が形成されている。

このテストパターン TP は、図 8 の正面図に示されるように、複数の解像度測定用のテストパターン 1 0 A を備え、投写レンズ 1 6 0 からの射出光に基づく投写領域の複数の箇所で解像度を測定できるようになっている。尚、図示を略したが、このテストパターン TP 中には、投写レンズ 1 6 0 の他の光学特性を調べるためのテストパターンが複数形成されている。具体的には、投写レンズ 1 6 0 の他の光学特性を調べるテストパターンとしては、フォーカス、アライメント調整用のテストパターン、フレア、色収差用のテストパターンがあり、各々、目視検査用、自動検査用のテストパターンが設定されている。

【 0 0 5 5 】

解像度測定用のテストパターン 1 0 A は、図 9 に示すように、縦横が所定寸法（例えば、795 μ m×1074 μ m）の矩形状に形成され、さらに、解像度測定領域 WA およびフレア検査領域 WB に区画されている。

解像度測定領域 WA は、2 種類の解像度測定用のパターン PT 1、PT 2 を複数備えている。パターン PT 1 は、垂直方向に延びる遮光領域 PT V を間隔を設けて配列して構成され、隣接する遮光領域 PT V の間は透光領域 PT S とされる。一方パターン PT 2 は、水平方向に延びる遮光領域 PT H を間隔を設けて配列して構成され、パターン PT 1 と同様に、遮光領域 PT H の間が透光領域 PT S とされている。

【 0 0 5 6 】

これらパターン P T 1、P T 2 は、その上部に形成される数字 P T N の大きさに応じた寸法になっている。数字 P T N は、目視検査を行う際の解像度の指標を表すものであり、具体的には、その下方に配置されるパターン P T 1、P T 2 の空間周波数を表している。例えば、「2 0」の下方に配置される 2 つのパターン P T 1、P T 2 は、空間周波数が 2 0 本/mm のパターンであり、数字「3 0」の下方にあるパターン P T 1、P T 2 は、空間周波数が 3 0 本/mm となる。

このようなパターン P T 1、P T 2 により目視で解像度を検査する場合、検査者が投写レンズ 1 6 0 から照射され、スクリーン 5 0 0 上に形成されたパターン P T 1、P T 2 を観察し、遮光領域および透光領域の境界が判別できる限界の空間周波数を解像度の指標として用いることとなるが、撮像素子を用いて画像処理を行う場合については後述する。

【 0 0 5 7 】

フレア検査領域 W B は、縦横が所定寸法（例えば、 $330\mu\text{m} \times 340\mu\text{m}$ ）の矩形状に形成され、その内部に略円形の透光領域である 4 種類の小孔パターン P H a ~ P H d が含まれている。小孔パターン P H a ~ P H d は直径寸法がそれぞれ異なるものであり、例えば、小孔パターン P H a は直径が $26\mu\text{m}$ であり、小孔パターン P H b は直径が $19\mu\text{m}$ であり、小孔パターン P H c は直径が $10\mu\text{m}$ であり、小孔パターン P H d は直径が $5\mu\text{m}$ である。このフレア検査領域 W B は、投写レンズ評価装置の自動測定を行う場合に用いられ、各小孔の孔径と透過した光の画像面積との差からフレア量を特定する。

【 0 0 5 8 】

図 6 において、検査シート保持部 4 4 0 は、6 軸調整部 4 6 0 に固定されており、6 軸調整部 4 6 0 を制御することによって、検査シート保持部 4 4 0 の配置が調整される。6 軸調整部 4 6 0 は、図中、S 方向、T 方向、U 方向の平行移動、および、S 軸、T 軸、U 軸を中心とする回転の可能な 6 つの可動ステージが組み合わされたものである。この 6 軸調整部 4 6 0 を制御することにより、検査シート保持部 4 4 0 に保持された検査シート 4 5 0 の空間的な配置を調整することができる。換言すれば、6 軸調整部 4 6 0 の制御によって、テストパターン T P の空間的な配置が調整される。

【 0 0 5 9 】

ダミープリズム 4 7 0 は、前述したように、図 4 のプロジェクタ 1 0 0 のクロスダイクロイックプリズム 1 5 0 を模擬するために設けられている。図 4 に示すクロスダイクロイックプリズム 1 5 0 では、3 つの液晶パネル 1 4 1 R, 1 4 1 G, 1 4 1 B から射出された光を合成するために「X」字状の薄膜が内部に設けられている。しかし、本評価装置においてはこの薄膜は不要なため、クロスダイクロイックプリズム 1 5 0 と同じ立方体形状のガラス体に反射防止コーティングを施したものが、ダミープリズム 4 7 0 として用いられている。

測定対象である投写レンズ 1 6 0 は順次取り替えて評価装置に実装される。

【 0 0 6 0 】

以上の投写部 4 0 0 の構成により、光源装置 4 1 0 (図 6) から射出された光は、第 1 および第 2 のミラー 4 3 0, 4 4 2 で反射される。第 2 のミラー 4 4 2 で反射された光は、検査シート 4 5 0 を通過することによって、画像領域 T P の画像を表す画像光となって射出される。この画像光は、ダミープリズム 4 7 0 を通過した後、投写レンズ 1 6 0 によって投写される。

【 0 0 6 1 】

ところで、図 5 に示すように、本実施例の投写部 4 0 0 では、投写レンズ 1 6 0 の中心軸 n_1 と、検査シート 4 5 0 の中心を通る法線 n_2 とが、所定の距離だけずれている。これは、プロジェクタにおける「あおり投写」の状態を模擬するためである。投写レンズ 1 6 0 は、このようなあおり投写状態において、歪みのない画像を投写表示するように設計されている。なお、投写レンズ 1 6 0 の中心軸 n_1 と検査シート 4 5 0 の中心を通る法線 n_2 とが一致しないような投写は、通常、「あおり投写」と呼ばれている。

【 0 0 6 2 】

図 5 の測定部 6 0 0 は、処理部 6 1 0 と、スクリーン 5 0 0 の四隅の近傍に配置された 4 つの調整用 CCD カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d と、1 つの測定用 CCD カメラ 6 4 0 とを備えている。処理部 6 1 0 は、調整用 CCD カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d および測定用 CCD カメラ 6 4 0 と電氣的に接続されているとともに、投写部 4 0 0 の 6 軸調整部 4 6 0 とも電氣的に接続されている。処理部 6 1 0 は

、調整用CCDカメラ620a～620dによって得られる画像データを解析し、その解析結果に基づいて、6軸調整部460を制御する。なお、上述したように、6軸調整部460を制御することによって、画像領域TPの空間的な配置が調整され、これによって画像のフォーカス状態が調整されることとなる。また、処理部610は、測定用CCDカメラ640によって得られる画像データを処理して、投写レンズの特性値を算出する機能を有している。

【0063】

この説明からも分かるように、本実施例の処理部610が本発明における信号処理部に相当し、測定用CCDカメラ640が撮像素子に相当する。尚、図示を略したが、調整用CCDカメラ620a～620dおよび測定用CCDカメラ640は、受光量を調整する光量調整手段を具備している。そして、投写画像の明るい部分では、光量調整手段の絞りを小さくして受光量を少なくして測定を行い、投写画像の暗い部分では、光量調整手段の絞りを大きくして受光量を多くして測定を行う。また、この光量調整手段は、CCDカメラ620a～620d、640の入射光の輝度値と出力信号との直線関係を維持するための調整手段としても機能する。

【0064】

図10は、スクリーン500を+Z方向から見たときの調整用CCDカメラ620a～620d、および測定用CCDカメラ640の配置を示す説明図である。図示するように、4つの調整用CCDカメラ620a～620dは、スクリーン500の四隅にそれぞれが設けられており、図示しない移動機構によってXY平面内で移動可能である。また、測定用CCDカメラ640は、スクリーン500の中央付近に設けられており、図示しない移動機構によってXY平面内で移動可能である。ただし、測定用CCDカメラ640は、図5に示すように、各調整用CCDカメラ620a～620dから+Z方向にずらして配置されているので、各調整用CCDカメラ620a～620dと干渉しないように移動させることができる。また、調整用CCDカメラ620a～620d、および測定用CCDカメラ640は、後述する処理部610を含むコンピュータと、ビデオキャプチャボード（図示略）を介して接続されている。スクリーン500上に表示された

画像領域 T P の画像は、C C D カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d、6 4 0 で撮像され、このビデオキャプチャボードによりコンピュータ用の画像信号に変換され、コンピュータによって処理される。

【 0 0 6 5 】

解像度評価値算出手段としての処理部 6 1 0 は、C P U (Central Processing Unit) およびハードディスクを備えたコンピュータの C P U を制御する O S 上に展開されるプログラムとして構成され、図示を略したが、本例では、バックグラウンド輝度値取得部、最大輝度値取得部、最小輝度値取得部、および評価値算出部を備えている。そして、この処理部 6 1 0 では、前記調整用 C C D カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d からの画像データに基づいて、調整用 C C D カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d の光量調整手段に制御信号を送り、調整用 C C D カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d の受光量の調整を行ったり、測定用 C C D カメラ 6 4 0 で検出された画像データに基づいて、制御信号を出力して測定用 C C D カメラ 6 4 0 の受光量調整を行ったり、解像度の評価値を算出する。

【 0 0 6 6 】

(3) 投写レンズの評価方法

次に、上述した投写レンズ評価装置を利用した投写レンズ 1 6 0 の解像度の評価方法について説明する。

前記評価装置による解像度測定に先立ち、スクリーン 5 0 0 上の投写画像の位置調整およびフォーカス調整を行う必要がある。この投写画像の位置調整およびフォーカス調整は、投写レンズ検査シート 4 5 0 の四隅部分に形成された位置調整用のパターン（図 8 では図示略）に応じてスクリーン 5 0 0 上に形成された画像を、調整用 C C D カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d で撮像し、処理部 6 1 0 でフォーカス調整処理および位置調整処理をする。

このフォーカス調整および位置調整が終了して、スクリーン 5 0 0 の所定位置に合焦状態の画像が形成されたら、この画像に基づいて、解像度の測定を行う。

【 0 0 6 7 】

解像度の測定は、図 1 1 に示されるフローチャートにしたがって実行され、具体的には、以下のような手順で行われる。

(1) 処理部 6 1 0 からの制御信号に基づいて、測定用 CCD カメラ 6 4 0 を解像度測定用のテストパターン 1 0 A の画像を検出できる位置に移動させ（処理 S 1）、測定用 CCD カメラ 6 4 0 の焦点を合わせるとともに（処理 S 2）、測定用 CCD カメラ 6 4 0 内部の撮像素子に入射する光の光量を調整する（処理 S 3）。尚、光量調整は、CCD カメラ 6 4 0 の検出輝度値に対する出力が比例関係にある部分で測定するために行うものである。

【 0 0 6 8 】

(2) 次に、処理部 6 1 0 は、解像度評価値を算出するためのパターン P T 1 を特定する（処理 S 4）。特定は、画像処理の一手法であるパターンマッチング処理により行われ、図 1 2 に示すように、測定用 CCD カメラ 6 4 0 で撮像された画像 D 1 内に表示される複数のパターン P T 1 のうち、ハードディスクに記憶された基準パターン B P と同様のものを探し出す。

(3) 基準パターン B P には、パターン中心 B 0 の位置と、このパターン中心 B 0 に基づく領域 B 1 が設定されていて、パターンマッチング処理の結果として、基準パターン B P のパターン中心 B 0 に相当するパターン P T 1 の中心座標 A 0 の位置が返され、これに基づいて、解像度評価値を求める測定領域 A 1 が設定される（処理 S 5）。

【 0 0 6 9 】

(4) 処理 S 5 で設定された測定領域 A 1 内における画像の輝度値の取得を開始する（処理 S 6）。尚、本実施形態の処理部 6 1 0 における画像処理は、画像の輝度を 2 5 6 階調で表現しており、一番暗い部分が 0、一番明るい部分が 2 5 5 の値とされている。

(5) まず、検査シート 4 5 0 をわずかに移動させて、パターン P T 1 を測定領域 A 1 の外側にずらし、この状態でバックグラウンド部分の測定領域 A 1 内の画像を測定して、バックグラウンド部分の輝度値 I o を取得する（処理 S 7：バックグラウンド輝度値取得手順）。尚、輝度値 I o の取得は、測定領域 A 1 内のすべての測点の輝度値を平均した値を代表値とすることにより行われ、輝度値 I o は処理部 6 1 0 を構成するメモリに格納される。

【 0 0 7 0 】

(6) 次に、パターン P T 1 を測定領域 A 1 内に戻して、測定用 C C D カメラ 6 4 0 で撮像されたパターン P T 1 の画像中の輝度値を測定する（処理 S 8）。具体的には、図 1 2 に示されるパターン P T 1 の輝度値を取得する場合、遮光領域 P T V の延出方向に沿った 1 画素ラインで検出される輝度値を積算し、積算した画素数でこの積算値を割って平均化して、遮光領域 P T V の延出方向に沿った 1 画素ラインにおける輝度値の代表値とする。そして、これを遮光領域および透光領域 P T S の配列方向、つまり図 1 2 における L 方向に繰り返し、測定領域 A 1 内の遮光領域 P T V、および遮光領域 P T V 内の透光領域 P T S における輝度値の代表値を取得する。

【 0 0 7 1 】

(7) 処理部 6 1 0 は、得られた各ラインにおける輝度値の代表値に基づいて、さらに、第 2 の補正処理があるか否かを判定する（処理 S 9）。すなわち、測定領域 A 1 内のバックグラウンドの明るさが均一な場合、遮光領域 P T V および透光領域 P T S の配列方向に沿った輝度値の分布は、図 1 3 のグラフに示されるように、最大輝度値 I_{\max} および最小輝度値 I_{\min} は、均一化されているため、補正処理を行うことなく、図 1 3 のグラフ中の最大輝度値 I_{\max} および最小輝度値 I_{\min} を取得する（処理 S 1 0：最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順）。

【 0 0 7 2 】

(8) 一方、測定領域 A 1 内のバックグラウンドの明るさが不均一な場合、輝度値の分布は、投写画像の中心に向かうにしたがってバックグラウンド輝度値が大きくなり、例えば、図 1 4 のグラフのように、測定領域 A 1 内でバックグラウンド輝度値の変化に伴って最大、最小輝度値が徐々に大きくなっていく場合が考えられる。この場合、上記のように最小最大輝度値をイの範囲で規定するのは、バックグラウンド輝度値の変化を無視することとなり、正確な最小、最大輝度値が得られない。そこで、より適切なアの範囲で最小、最大輝度値を取得するために、処理部 6 1 0 は、図 1 5 のグラフに示すように、測定領域 A 1 内を領域 a ～ e に分割し、最小輝度値を含む領域 a、c、e における最小輝度値 I_{amin} 、 I_{cmin} 、 I_{emin} を取得し（処理 S 1 1）、最大輝度値を含む領域 b、d における最大輝度値 I_{bmax} 、 I_{dmax} を取得する（処理 S 1 2）。

【 0 0 7 3 】

(9) 各領域 a ～ e における最小輝度値 I_{amin} 、 I_{cmin} 、 I_{emin} 、最大輝度値 I_{bmax} 、 I_{dmax} を取得したら、処理部 6 1 0 は、数 1 3、数 1 4 に各領域における最小、最大輝度値の値を代入して、最大輝度値 I_{max} 、最小輝度値 I_{min} を取得する（処理 S 1 3：最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順）。

【 0 0 7 4 】

【数 1 3】

$$I_{max} = (I_{bmax} + I_{dmax}) / 2$$

【 0 0 7 5 】

【数 1 4】

$$I_{min} = (I_{amin} + I_{cmin} + I_{emin}) / 3$$

【 0 0 7 6 】

尚、数 1 3 および数 1 4 における分母の数は、分割された領域 a ～ e 内の最大輝度値を含む領域と、最小輝度値を含む領域の数に応じて設定され、解像度測定用のパターン P T 1 の空間周波数の変化に伴って分母および分子の値は適宜変化する。

【 0 0 7 7 】

(10) 以上のようにして、バックグラウンド輝度値 I_o 、最大輝度値 I_{max} 、および最小輝度値 I_{min} が取得されたら、処理部 6 1 0 は、数 1 5 に基づいて、解像度評価値 M T F を算出する（処理 S 1 4：評価値算出手順）。

【 0 0 7 8 】

【数 1 5】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / (I_o \times 2 - I_{max} - I_{min})$$

【 0 0 7 9 】

(11) 上記と同様の手順でパターン P T 2 についての輝度値の測定、および解像度評価値の算出を行い（処理 S 1 5）、さらに、図 7 に示されるテストパターン T P 中のすべてのテストパターン 1 0 A について、同様の測定および評価値算出を繰り返す。

【 0 0 8 0 】

(4) 実施形態の効果

前述のような本実施形態によれば、次のような効果がある。

(1) 本実施形態のレンズの評価方法が、バックグラウンド輝度値取得手順 S 7、最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順 S 1 0、S 1 3 を備えていることにより、解像度評価値 M T F をバックグラウンド輝度値 I_o 、最大輝度値 I_{max} 、および最小輝度値 I_{min} に基づいて算出できる。そして、スクリーン 5 0 0 に投影された画像の明るさが異なっても、バックグラウンド輝度値 I_o を加味して補正処理することにより、複数箇所で取得した最大輝度値 I_{max} 、最小輝度値 I_{min} に基づいて算出された解像度評価値 M T F を同様の基準で評価することができる。したがって、評価対象となる投写レンズ 1 6 0 の種類、スクリーン 5 0 0 に表示された解像度測定用のテストパターン 1 0 A の位置等に影響されることなく、投写レンズ 1 6 0 の解像度を適切に評価することができる。

【0081】

(2) 解像度評価値 M T F が数 1 5 で表される式に基づいて求められるため、正確な解像度評価値 M T F を得ることができる。バックグラウンド輝度値の変化に伴う解像度評価値 M T F の変化を従来の場合と比較すると、図 1 6 に示すように、数 1 5 に基づいて求めた解像度評価値 M T F の変化は、グラフ G 1 のようになり、バックグラウンド輝度値の変化に影響されないことが判る。これに対して、数 1 6 に示される従来 of 解像度評価値 M T F の算出方法では、グラフ G 2 のようになり、バックグラウンド輝度値の変化に伴い、解像度評価値 M T F の値が大きく変動することが判る。

【0082】

【数 1 6】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$$

【0083】

(3) 調整用 CCD カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d、測定用 CCD カメラ 6 4 0 に光量調整手段が設けられているため、CCD カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d、6 4 0 に入射する光の光量を、入力される輝度値に対する CCD の出力が比例関係にある部分で測定することができ、最大輝度値 I_{max} 、最小輝度値 I_{min} を正確に取得

でき、解像度評価値M T Fをより正確に算出することができる。

(4) 輝度値の取得において、第2の補正処理ともいえる処理S 1 1および処理S 1 2を備えているため、測定領域A 1内でバックグラウンド輝度値I oに変化が生じて、この変化に影響されにくい最大輝度値I max、最小輝度値I minを取得できるので、解像度評価値M T Fの算出を一層正確に行うことができる。

【0 0 8 4】

[2. 第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態を説明する。

以下の説明では、前記第1実施形態と同様の構造および同一部材には同一符号を付して、その詳細な説明は省略または簡略化する。

前記第1実施形態における投写レンズの評価装置では、検査シート4 5 0に形成された解像度測定用のテストパターン1 0 Aを用いて、バックグラウンド輝度値取得部、最大輝度値取得部、および最小輝度値取得部により構成される処理部6 1 0の解像度評価値算出手段によって、投写レンズ1 6 0の解像度評価値M T Fの算出が行われていた。

これに対して、本実施形態における投写レンズの評価装置では、投写レンズの解像度評価の他に、投写レンズの歪曲収差の評価、投写画像の面内照度分布の評価を行える点が相違する。

【0 0 8 5】

このため、処理部7 1 0は、図1 7に示されるように、端部画像検出手段7 1 1と、撮像素子制御手段7 1 2と、歪曲収差量算出手段7 1 3と、面内照度算出手段7 1 4と、6軸調整部制御手段7 1 5と、蓄積手段7 1 6と、解像度評価値算出手段7 1 7とを備えている。

具体的には、端部画像検出手段7 1 1は、調整用C C Dカメラ6 2 0 a～6 2 0 dおよび測定用C C Dカメラ6 4 0で撮像された投写画像の端部画像を、画像取り込み装置を介して、コンピュータに適合する画像信号として検出する部分であり、検出された画像信号を歪曲収差量算出手段7 1 3に出力するとともに、撮像素子制御手段7 1 2に投写画像の境界領域が判定できた旨の信号を出力する。

【0 0 8 6】

撮像素子制御手段712は、調整用CCDカメラ620a～620dを投写画像に対応した初期位置に移動制御し、また、投写画像の外周端部に沿って測定用CCDカメラ640を移動制御する部分であり、端部画像検出手段711による画像信号の検出が終了したことをトリガとして、投写画像の外周縁に沿って測定用CCDカメラ640を順次移動させる。尚、CCDカメラ640の移動機構はパルスモータを備えていて、撮像素子制御手段712は、このパルスモータに対して、移動量に応じたパルスステップ数の制御信号を加えることにより、測定用CCDカメラ640を所定の位置に移動させることができるようになっている。

【0087】

歪曲収差量算出手段713は、端部画像検出手段711からの画像信号に対して投写画像の歪曲収差量を算出する部分である。具体的には後述するが、端部画像検出手段711からの画像信号について、端部画像検出手段711で検出された部分の投写領域とそれ以外の部分の境界線を取得し、この境界線の位置から投写領域の外周形状を特定し、投写画像の設計上の境界位置との差を取ることで、歪曲収差を求めることができる。

【0088】

6軸調整部制御手段715は、投写された画像がぼけている場合に、6軸調整部460に制御信号を出力し、検査シート550の位置調整を行う部分であり、調整用CCDカメラ620a～620dによって撮像される画像をパターンマッチングによって検査シート550に形成されたテストパターンを探索する。撮像された画像データからテストパターンの特定の指標値（エッジ強度）を用いることによって合焦点状態か否かを判断し、フォーカス状態の良否を調べることができる。

【0089】

解像度評価値算出手段717は、図示を略したが、バックグラウンド輝度値取得部、最大輝度値取得部、最小輝度値取得部に加え、入力レベル算出部を備えている。

入力レベル算出部は、バックグラウンド輝度値取得部、最大輝度値取得部、および最小輝度値取得部で取得された輝度値に基づいて、入力レベルを算出する部

分である。

具体的には、入力レベル算出部は、以下の数17に基づいて、入力レベル値 I_i を算出している。

【0090】

【数17】

$$I_i = I_o \times 2 - I_{max} - I_{min}$$

【0091】

面内照度算出手段714は、投写画像の面内照度を算出する部分であり、照度検出装置650から出力された信号から照度値を取得し、照度値を取得した部分の入力レベル値と対応づけてメモリに格納するとともに、他の部分の入力レベル値から各位置の照度を算出して、投写画像全体の面内照度を把握する。

【0092】

蓄積手段716は、上記解像度評価値算出手段717、歪曲収差量算出手段713、および面内照度算出手段714によって算出された評価値を投写レンズの製造番号と対応づけて格納する実測データ蓄積部716Aと、予め各種投写レンズの設計データが格納されている設計データ蓄積部716Bとを備えている。設計データとしては、例えば、検査対象となる各種投写レンズの焦点距離に対応した検査シート550の設計上の配置位置、投写画像の設計上の配置位置、および各種投写レンズにおける設計上の評価値等が含まれ、上記撮像素子制御手段712および6軸調整部制御手段715は、この設計上の配置位置を初期位置として調整を行い、解像度評価値算出手段717、歪曲収差量算出手段713および面内照度算出手段714は、この設計上の評価値に基づいて投写レンズの良否を判断する。

【0093】

また、本実施形態における投写レンズの評価装置では、検査シート550は、図18に示されるように、略等間隔に配置された20カ所の解像度測定用テストパターン10Aの他に、この20カ所の解像度測定用テストパターン10Aを囲うように矩形棒状の遮光部10Bを備え、スクリーン上の画像領域下縁中央には照度検出装置650が配置される。また、検査対象となる投写レンズ160は、

図示しない複数の集光素子を光軸方向に沿って配置した組レンズとして構成され、各集光素子相互の位置を変更することで、投写される画像の大きさをワイド（大）、ミドル（中）、テレ（小）の３段階に変更することができる。

具体的には、矩形状の遮光部 2 0 B は、画像領域の四隅角部に配置された 4 カ所のテストパターン P A 1 ～ P A 4 と、画像領域の矩形状輪郭に沿って配置された 1 2 カ所のテストパターン P B 1 ～ P B 1 2 と、画像領域の矩形状輪郭に沿って配置された 1 6 カ所の見切り線 L とを備えて構成されている。

【 0 0 9 4 】

四隅角部に配置されたテストパターン P A 1 ～ P A 4 は、図 1 9 （ a ）に示されるように、略 L 字状の遮光部であり、4 つの調整用 C C D カメラ 6 2 0 a ～ 6 2 0 d によってそれぞれの画像が検出される。処理部 7 1 0 は、検出された 4 つの画像に基づいて遮光部 2 0 B の四隅角部の位置を特定し、投写画像の歪みを評価することができる。

画像領域の矩形状輪郭に沿って配置されたテストパターン P B 1 ～ P B 1 2 は、図 1 9 （ b ）に示されるように、正形状の遮光部であり、測定用 C C D カメラ 6 4 0 によって、それぞれの画像が検出される。処理部 7 1 0 は、検出された画像に基づいてテストパターン P B 1 ～ P B 1 2 の位置を特定し、上記遮光部 2 0 B の四隅角部の位置とともに遮光部 2 0 B の外形形状を特定することで歪曲収差量を算出することができる。

また、照度検出装置 6 5 0 は、図 2 0 に示されるように、スクリーン上の画像領域下縁中央、即ちあおり投写する投写レンズ 1 6 0 の照明光軸中心に対応した位置に配置され、この部分に表示される検査シート 5 5 0 のテストパターン 1 0 A の照度を測定するものである。照度検出装置 6 5 0 は、スクリーン上において測定用 C C D カメラ 6 4 0 に対して + Z 方向にずれて配置され、測定用 C C D カメラ 6 4 0 と干渉しないようになっている。

【 0 0 9 5 】

以上のような構成において、投写レンズの評価方法は、図 2 1 に示されるフローチャートにしたがって実行され、以下のような手順で行われる。

- (1) 解像度評価値算出手段 7 1 7 は、検査シート 5 5 0 に形成されたテスト

パターン 1 0 A において入力レベルおよび解像度評価値の算出を行い、算出された評価値をテストパターンの位置と対応づけて蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納する。なお、入力レベルおよび解像度評価値の算出手順としては、第 1 実施形態と同様に図 1 1 に示されるフローチャートにしたがって行われ、バックグラウンド輝度値 I_o 、最大輝度値 I_{max} 、および最小輝度値 I_{min} が取得されたら、解像度評価値算出手段 7 1 7 は、数 1 8 に基づいて、入力レベル値 I_i を算出するとともに（処理 S A 1：入力レベル値算出手順）、数 1 9 に基づいて解像度評価値 MTF を算出する（処理 S A 2：評価値算出手順）。

【0 0 9 6】

【数 1 8】

$$I_i = I_o \times 2 - I_{max} - I_{min}$$

【0 0 9 7】

【数 1 9】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / I_i$$

【0 0 9 8】

(2) 作業者は、蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納された前記解像度評価データに基づいて、投写画像をワイド（大）、ミドル（中）、テレ（小）の 3 状態から、初期のパラメーター設定で選択された全ての状態で解像度評価を行っているか否かを判定する（処理 S A 3）。全ての状態で解像度評価を行っていない場合には、投写画像の変更を行い、さらに、解像度評価値算出手段 7 1 7 にて、再度、解像度評価値の算出を行う。なお、解像度評価値の算出は、ワイド（大）、ミドル（中）、テレ（小）の順に行うものとする。

【0 0 9 9】

(3) 次に、歪曲収差量の算出を行う（処理 S A 4）。具体的には、図 2 2 に示されるフローチャートにしたがって実行される。

(3-1) 撮像素子制御手段 7 1 2 は、蓄積手段 7 1 6 の設計データ蓄積部 7 1 6 B に格納された設計データに基づいて制御信号を出力し、調整用 CCD カメラ 6 2 0 a ~ 6 2 0 d を初期位置に移動させる（処理 S A 4 1：撮像素子移動手順）。

(3-2) 端部画像検出手段 7 1 1 は、画像領域の四隅角部に形成されたテストパターン P A 1 ～ P A 4 を特定し、画像を検出する（処理 S A 4 2：端部画像取得手順）。なお、テストパターン P A 1 ～ P A 4 画像の特定は、画像処理の一手法であるパターンマッチング処理により自動的に探すことにより行われる。

(3-3) 歪曲収差量算出手段 7 1 3 は、端部画像検出手段 7 1 1 によって検出された画像の輝度値を取得する（処理 S A 4 3）。輝度値の取得は、図 1 9（a）に示されるように、蓄積手段 7 1 6 の設計データ蓄積部 7 1 6 B に格納された設計データに基づいて、X 軸方向および Y 軸方向にそれぞれ 1 画素ライン A X、A Y で輝度値の取得を行う。

【 0 1 0 0 】

(3-4) さらに、歪曲収差量算出手段 7 1 3 は、取得された輝度値から境界領域の判定を行う（処理 S A 4 4）。境界領域の判定は、図 2 3 に示されるように、取得された輝度値と所定の輝度値に設定された閾値とからテストパターンの遮光領域を算出し、その遮光領域の midpoint に対応する座標を境界領域として特定し、この座標をテストパターン位置と対応づけて蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納する。

(3-5) 次に、撮像素子制御手段 7 1 2 は、蓄積手段 7 1 6 の設計データ蓄積部 7 1 6 B に格納された設計データに基づいて制御信号を出力し、測定用 C C D カメラ 6 4 0 を移動させ、上記と同様な手順でテストパターン P B の撮像、輝度値取得、および境界領域の判定を行う。また、テストパターン P B の測定は、P B 1 ～ P B 1 2 の順で行われる。そして、歪曲収差量算出手段 7 1 3 は、蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納された前記テストパターンの座標データに基づいて、テストパターン P B 1 ～ P B 1 2 の全ての位置で境界領域判定が行われているか否かを判定し（処理 S A 4 5）、全ての位置で行われていない場合には、次の測定位置を設定し、設定された移動量に基づいて撮像素子制御手段 7 1 2 に制御信号が送られる。なお、テストパターン P B の輝度値取得は、図 1 9（b）に示されるように、矩形状の遮光部 2 0 B の辺縁に直交する一画素ラインで取得される。

【 0 1 0 1 】

(3-6) 次に、歪曲収差量算出手段 7 1 3 は、蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納された前記テストパターン P A および P B 全ての座標データに基づいて、投写画像の歪み量および歪曲収差量を算出する（処理 S A 4 6：歪曲収差量算出手順）。

具体的に、投写画像の歪み量は、図 2 4 に示すように、四隅角部に形成されたテストパターン P A 1 ～ P A 4 の座標データに基づいて算出される。

歪曲収差量算出手段 7 1 3 は、蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納された四隅角部に形成されたテストパターン P A 1 ～ P A 4 の座標データを呼び出し、テストパターン P A 2 で算出した座標とテストパターン P A 3 で算出した座標との距離 D 2 3 と、テストパターン P A 1 で算出した座標とテストパターン P A 4 で算出した座標との距離 D 1 4 とを算出し、数 2 0 で画像の歪み量 $\varepsilon 1$ (%) を求める。

【0 1 0 2】

【数 2 0】

$$\varepsilon 1 = 100 \times (D 2 3 - D 1 4) / (D 2 3 + D 1 4)$$

【0 1 0 3】

また、歪曲収差量は、図 2 5 に示されるように、テストパターン P A 1 ～ 4 およびテストパターン P B 1 ～ P B 1 2 で算出された全ての座標データに基づいて算出される。

歪曲収差量算出手段 7 1 3 は、蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納されたテストパターン P A 1 ～ P A 4 および P B 1 ～ P B 1 2 の座標データを呼び出す。そして、投写画像の辺縁毎に各 5 点の座標データを用いて近似曲線 C 1 2、C 2 3、C 3 4、C 4 1 を算出し、さらに、テストパターン P A 1 ～ P A 4 の座標データに基づいて、直線 L 1 2、L 2 3、L 3 4、L 4 1 を算出する。算出された 4 つの近似曲線と 4 つの直線とによって形成される閉曲線で囲まれた面積 I 1、I 2、I 3、I 4 を算出し、算出された 4 つの面積と設計上の投写画像の面積 I 0 に基づいて、数 2 1 で歪曲収差量 $\varepsilon 2$ (%) を求める。

【0 1 0 4】

【数 2 1】

$$\varepsilon 2 = 100 \times (I 1 + I 2 + I 3 + I 4) / I 0$$

【0 1 0 5】

ここで、図 2 5 に示されるような糸巻き型歪曲である場合、歪曲収差量 $\varepsilon 2$ (%) はマイナスの値で算出され、反対に樽型歪曲の場合には、歪曲収差量 $\varepsilon 2$ (%) はプラスの値で算出される。

【0 1 0 6】

(3-7) 歪曲収差量算出手段 7 1 3 は、上記によって算出された画像の歪み量と投写レンズ 1 6 0 の歪曲収差量をレンズの製造番号に対応付けて蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納する。

(4) 次に投写画像の面内照度を算出する(処理 S A 5)。具体的には、図 2 6 に示されるフローチャートにしたがって実行される。

(4-1) 照度検出装置 6 5 0 は、画像領域下縁中央に位置するテストパターン 1 0 A の照度 $L o$ を測定する(処理 S A 5 1 : 所定位置照度取得手順)。面内照度算出手段 7 1 4 は、蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納された入力レベルデータを呼び出し、前記テストパターン 1 0 A 位置で算出された入力レベル値 $I i o$ と照度 $L o$ を対応付ける(処理 S A 5 2)。

(4-2) 面内照度算出手段 7 1 4 は、その他の位置における照度 $L e$ を、該位置における入力レベル値 $I i e$ と、テストパターン 1 0 A の照度 $L o$ と入力レベル値 $I i o$ とに基づいて、数 2 2 で算出する(処理 S A 5 3 : 面内照度算出手順)。

【0 1 0 7】

【数 2 2】

$$L e = L o \times I i e / I i o$$

【0 1 0 8】

(4-3) 面内照度算出手段 7 1 4 は、上記によって算出された面内照度を投写レンズ 1 6 0 の製造番号と対応付けて蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納する。

【0 1 0 9】

前述のような第2実施形態によれば、前記(1)～(5)と同様の効果の他、

(6) 本実施形態におけるレンズの評価装置は、処理部710に端部画像検出手段711と、撮像素子制御手段712と、歪曲収差量算出手段713とを備え、検査シート550には複数のテストパターン10Aを全て囲うように矩形枠状の遮光部20Bが形成され、該遮光部20Bには矩形状輪郭に沿ってテストパターンPA、PBが配置されていることにより、撮像素子制御手段712は、調整用CCDカメラ620a～620dおよび測定用CCDカメラ640を移動制御し、端部画像検出手段711は遮光部20Bの矩形状輪郭に沿って配置されたテストパターンPA、PBの画像を検出し、歪曲収差量算出手段713は検出されたテストパターンPA、PB画像に基づいて、投写画像の外形形状を特定して投写画像の歪み量 ε_1 および投写レンズ160の歪曲収差量 ε_2 を見積もることができる。したがって、迅速かつ高精度に投写レンズ160の良否を判断できる。

【0110】

(7) 投写レンズ160の歪曲収差量の算出(処理SA4)において、輝度値の取得(処理SA43)は遮光部20Bに配置されたテストパターンPA、PBを一画素ラインで輝度値を取得し、境界領域の判定(処理SA44)は取得された輝度値と所定の輝度値に設定された閾値とから遮光領域を特定し、遮光領域の中点位置を境界領域としているので、遮光部20Bの形状を高精度に特定することができ、歪曲収差量を適切に評価することができる。

(8) 処理部710は、解像度評価値算出手段717と面内照度算出手段714とを備え、スクリーン上の画像領域下縁中央に照度検出装置650が配置されているので、面内照度算出手段714は、解像度評価値算出手段717により算出された複数の入力レベル値 I_{ie} および I_{io} と、照度検出装置650により測定された照度 L_o とに基づいて投写画像の面内照度 L_e を算出することができる。ここで、解像度評価値算出手段717は入力レベル値をバックグラウンド輝度値 I_o を加味して補正処理しているので、投写画像の面内照度 L_e を同様の基準で評価することができる。したがって、評価対象となる投写レンズ160の種類、スクリーン500に表示された解像度評価用のテストパターン10Aの位置等に影響されることなく、投写レンズ160の面内照度を適切に評価することが

できる。

【 0 1 1 1 】

(9) 検査対象となる投写レンズ 1 6 0 は、図示しない複数の集光素子を光軸方向に沿って配置した組レンズとして構成され、各集光素子相互の位置を変更することで、投写される画像の大きさをワイド（大）、ミドル（中）、テレ（小）の 3 段階に変更することができ、投写レンズ 1 6 0 による投写画像をワイド（大）、ミドル（中）、テレ（小）の 3 つの状態で解像度評価値 M T F を算出して投写レンズ 1 6 0 の良否を判断するので、投写レンズ 1 6 0 をプロジェクタに組み込んだ時に、画像の大きさを変更した場合に生じる解像度評価値 M T F のずれを低減させたプロジェクタを提供できる。

(10) 処理部 7 1 0 は、蓄積手段 7 1 6 を備えていることにより、撮像素子制御手段 7 1 2 は蓄積手段 7 1 6 の設計データ蓄積部 7 1 6 B に格納された設計データに基づいて、調整用 C C D カメラ 6 2 0 a ～ 6 2 0 d を投写画像に対応した初期位置に移動させ、測定用 C C D カメラ 6 4 0 を所定の移動量で移動制御することができる。また、解像度評価値算出手段 7 1 7、歪曲収差量算出手段 7 1 3、および面内照度算出手段 7 1 4 によって算出された投写レンズ 1 6 0 の評価値を製造番号に対応付けて蓄積手段 7 1 6 の実測データ蓄積部 7 1 6 A に格納しておくことができる。

【 0 1 1 2 】

(5) 実施形態の変形

本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、以下に示すような変形も含むものである。

上記実施形態では、C C D カメラ 6 2 0 a ～ 6 2 0 d、6 4 0 の光量調整手段を、撮像素子への入射光の輝度値と出力信号との比例関係を維持するために用いていたが、これに限られない。すなわち、バックグラウンド輝度値に変化があった場合、これに応じて C C D カメラ 6 2 0 a ～ 6 2 0 d、6 4 0 の撮像素子に入射する光量を光量調整手段で調整し、撮像素子に入射する光の光量をバックグラウンド輝度値によらず一定にするように構成してもよい。この場合、撮像素子に入射する光の光量が一定になるため、従来の数 1 6 で表される式に基づいて解像

度評価値を求めても、同様の基準で評価することができる。

【 0 1 1 3 】

また、上記実施形態では、数 1 5 に表された式で解像度評価値 M T F を求めているが、これに限られない。すなわち、要するに、解像度および照度測定に際して、バックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて、解像度評価値を求めるものであればよく、他の式を用いて解像度評価値を算出してもよい。

さらに、上記実施形態では、投写レンズ 1 6 0 の評価に本発明を用いていたが、これに限られない。すなわち、プロジェクタを構成する他の光学系、プロジェクタ以外の機器に使用される光学系に本発明を用いてもよい。

そして、上記実施形態では、平行線型の解像度測定用のパターン P T 1、P T 2 を採用していたが、これに限らず、濃淡が徐々に変化する正弦波応答関数に基づいた解像度測定用のパターンに本発明を利用してもよく、さらには、他の解像度用のパターンに本発明を利用してもよい。

【 0 1 1 4 】

また、第 2 実施形態では、スクリーン上に表示された遮光部 1 0 B の辺縁毎にテストパターン P A、P B の座標値から近似曲線 C 1 2、C 2 3、C 3 4、C 4 1 を算出し、テストパターン P A の座標値から直線 L 1 2、L 2 3、L 3 4、L 4 1 を算出し、算出された 4 つの近似曲線および直線によって囲まれた面積 I 1、I 2、I 3、I 4 に基づいて投写レンズ 1 6 0 の歪曲収差量 ε 2 を算出していたが、これに限らない。すなわち、歪曲収差量の算出に際して、スクリーン上に表示された検査シート 4 5 0 の遮光部 1 0 B の形状、または、画像形成領域の外周形状に基づいて、歪曲収差量を算出するものであればよく、他の方法を用いて歪曲収差量を算出してもよい。

また、第 2 実施形態では、照度検出装置 6 5 0 をスクリーン上の画像形成領域下端の中央に配置したが、これに限らない。解像度評価値を取得するテストパターン 1 0 A の位置であればよい。あるいは、移動機構を介して、投写画像面内の複数の位置で照度を測定できるように構成してもよい。

その他、本発明の実施の際の具体的な構造および形状等は、本発明の目的を達

成できる範囲で他の構造等としてもよい。

【 0 1 1 5 】

【発明の効果】

前述のような本発明によれば、解像度評価値を、バックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて算出しているため、スクリーン上に投影された画像の明るさが異なっても、バックグラウンド輝度値を加味して補正処理することにより、複数箇所で取得した最大輝度値、最小輝度値に基づいて算出された解像度評価値を同様の基準で評価することができ、プロジェクタの機種、表示画像上の場所等に影響されることなく、レンズの解像度を適切に評価することができる、という効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る解像度測定用のテストパターンの模式図である。

【図 2】

本発明の作用を説明するためのグラフである。

【図 3】

本発明の作用を説明するためのグラフである。

【図 4】

本発明の実施形態に係る評価対象となる投写レンズを含むプロジェクタの構造を表す模式図である。

【図 5】

前記実施形態におけるレンズ評価装置の構造を表す模式図である。

【図 6】

前記実施形態におけるレンズ評価装置の構造を表す模式図である。

【図 7】

前記実施形態における検査シートを表す側面図である。

【図 8】

前記実施形態における検査シートを表す正面図である。

【図 9】

前記実施形態における検査シートに含まれる解像度測定用のパターンを表す正面図である。

【図 1 0】

前記実施形態におけるスクリーン上の撮像素子の配置を表す正面図である。

【図 1 1】

前記実施形態におけるレンズの評価方法を説明するためのフローチャートである。

【図 1 2】

前記実施形態におけるレンズの評価方法の測定領域設定を説明するための模式図である。

【図 1 3】

前記実施形態におけるレンズの評価方法の解像度評価値を求めるためのグラフである。

【図 1 4】

前記実施形態におけるレンズの評価方法の解像度評価値を求めるためのグラフである。

【図 1 5】

前記実施形態におけるレンズの評価方法の解像度評価値を求めるためのグラフである。

【図 1 6】

前記実施形態により求められた解像度評価値と従来の方法で求められた解像度評価値とを比較するグラフである。

【図 1 7】

前記第 2 実施形態における処理部の制御構造を表すブロック図である。

【図 1 8】

前記第 2 実施形態における検査シートを表す正面図である。

【図 1 9】

前記第 2 実施形態における検査シートに含まれるテストパターンを表す正面図である。

【図 2 0】

前記第 2 実施形態におけるスクリーン上の照度検出装置の配置を表す正面図である。

【図 2 1】

前記第 2 実施形態におけるレンズの評価方法を説明するフローチャートである。

【図 2 2】

前記第 2 実施形態における歪曲収差量の算出を説明するためのフローチャートである。

【図 2 3】

前記第 2 実施形態における境界領域の判定を説明するためのグラフである。

【図 2 4】

前記第 2 実施形態における画像の歪み量の算出を説明するための図である。

【図 2 5】

前記第 2 実施形態におけるレンズの歪曲収差量を算出するためのグラフである。

【図 2 6】

前記第 2 実施形態における面内照度の評価方法を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

- 1 0 A テストパターン
- 2 0 B 枠状部
- 1 6 0 投写レンズ（レンズ）
- 4 1 0 光源装置（光源）
- 5 0 0 スクリーン
- 6 1 0 処理部（信号処理部）
- 6 4 0 測定用 CCD カメラ（撮像素子）
- 6 5 0 照度検出装置
- 7 1 1 端部画像検出手段

7 1 2 撮像素子移動手段

7 1 3 歪曲収差量算出手段

7 1 7 解像度評価値算出手段

I o バックグラウンド輝度値

I max 最大輝度値

I min 最小輝度値

MTF、MTF o、MTF e 解像度評価値

I i 入力レベル値

L o、L e 照度

S 7 バックグラウンド輝度値取得手順

S 1 0、S 1 3 最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順

S 1 4、S A 2 評価値算出手順

S A 1 入力レベル算出手順

S A 4 1 撮像素子移動手順

S A 4 2 端部画像取得手順

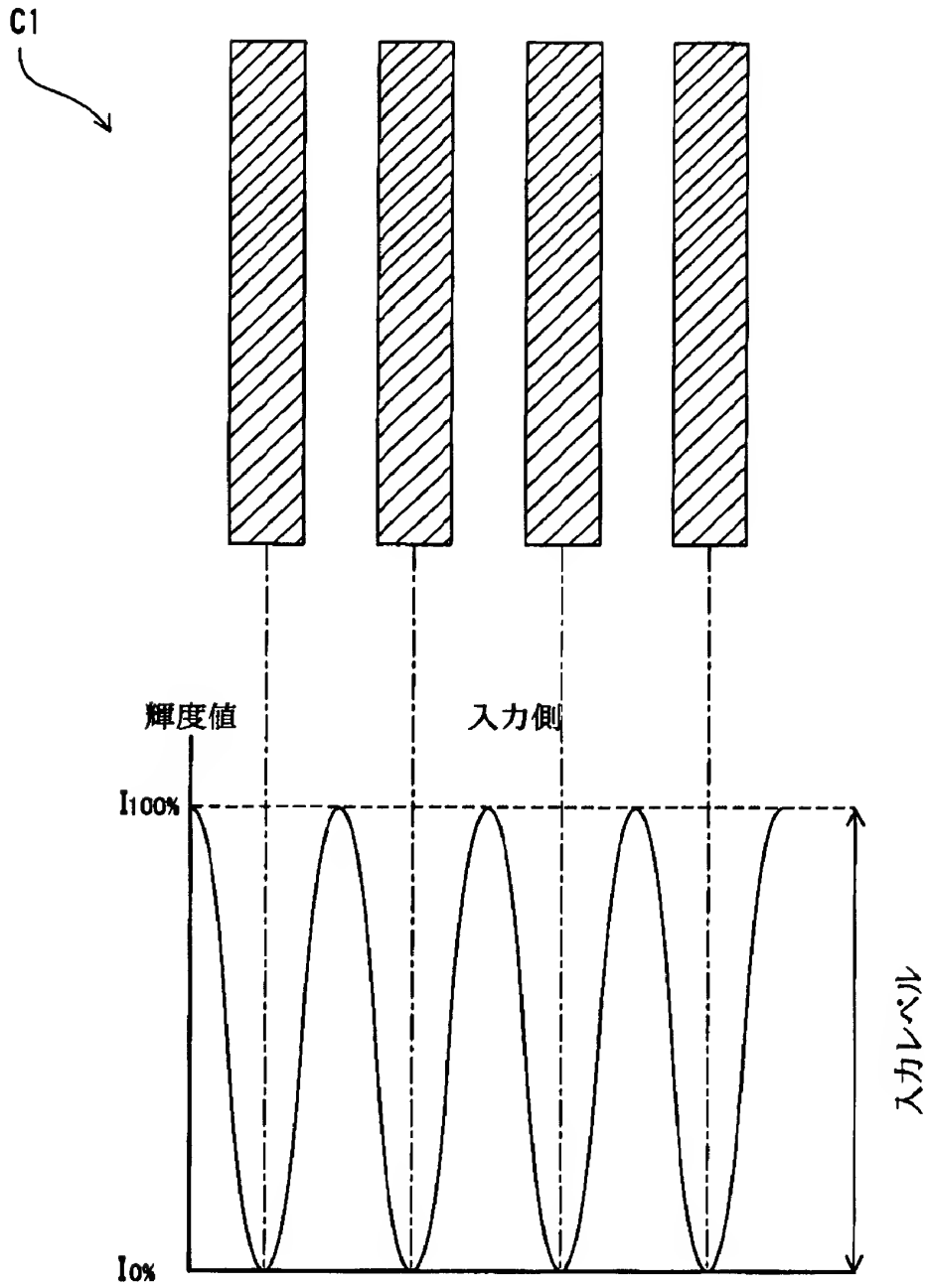
S A 4 6 歪曲収差量算出手順

S A 5 1 所定位置照度取得手順

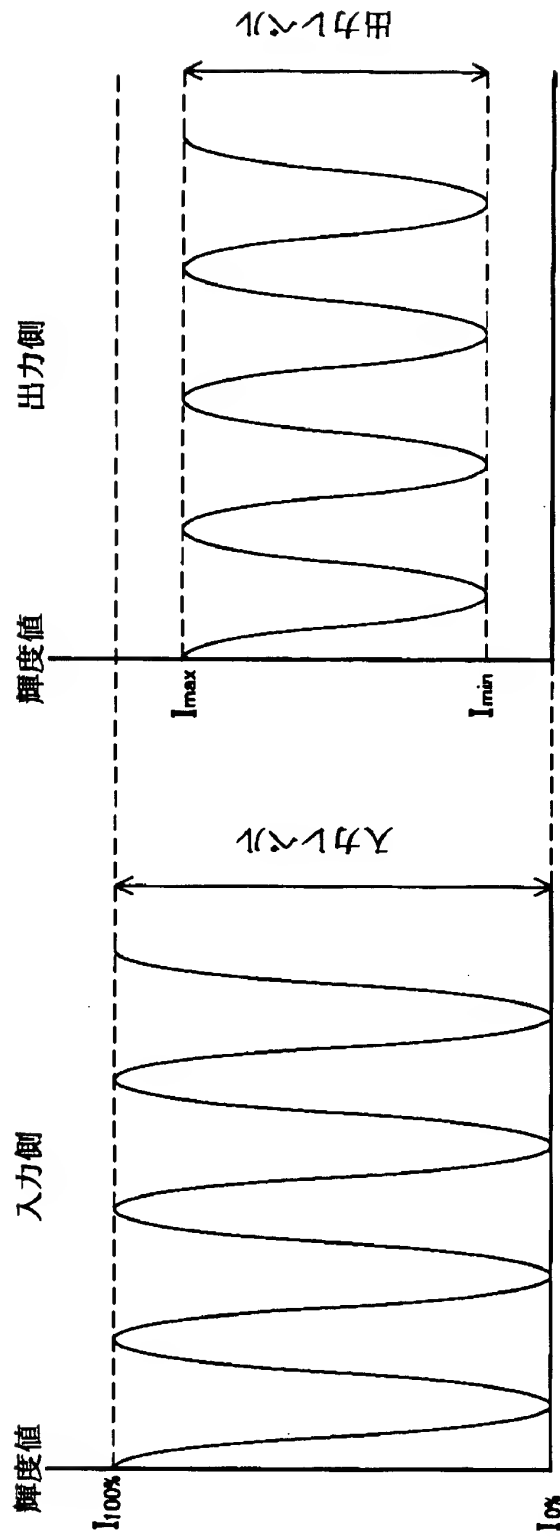
S A 5 3 面内照度算出取得手順

【書類名】 図面

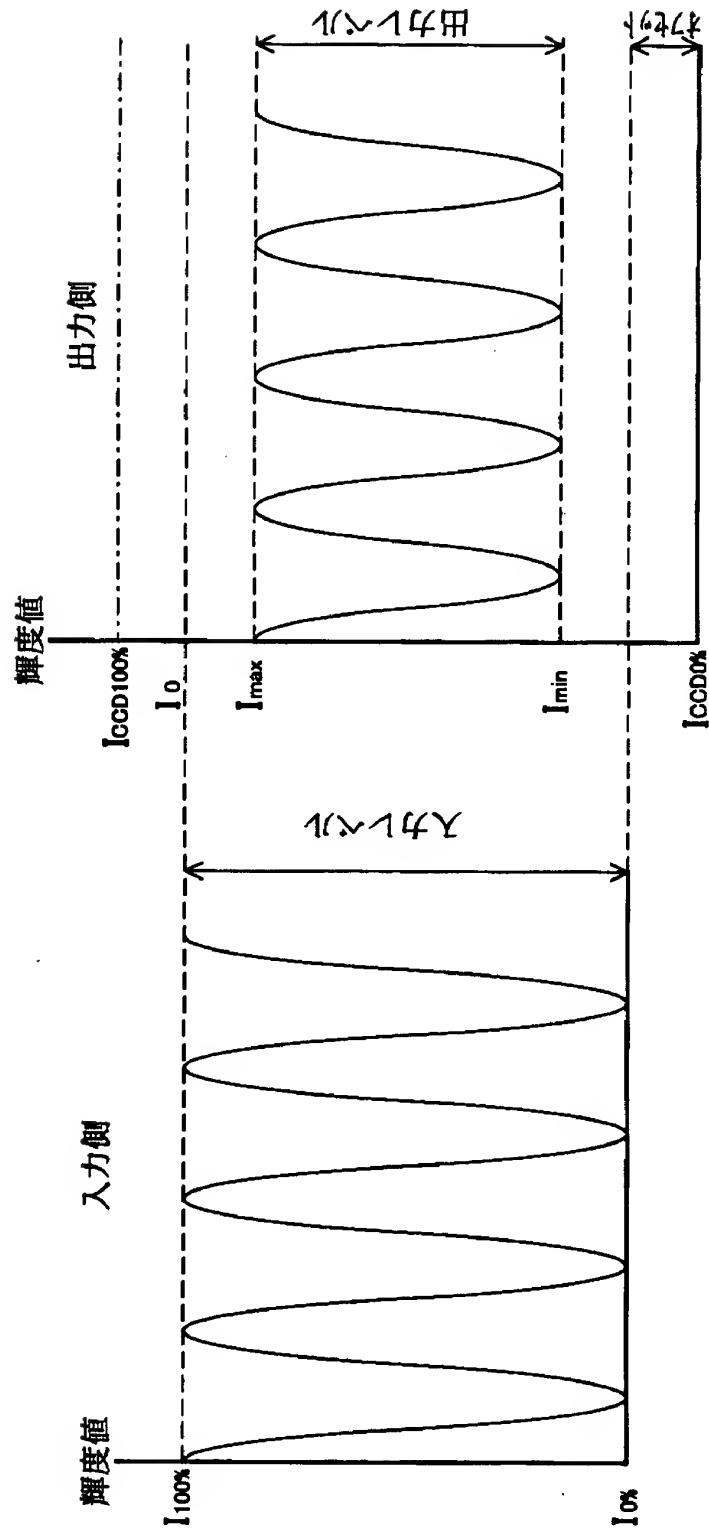
【図 1】



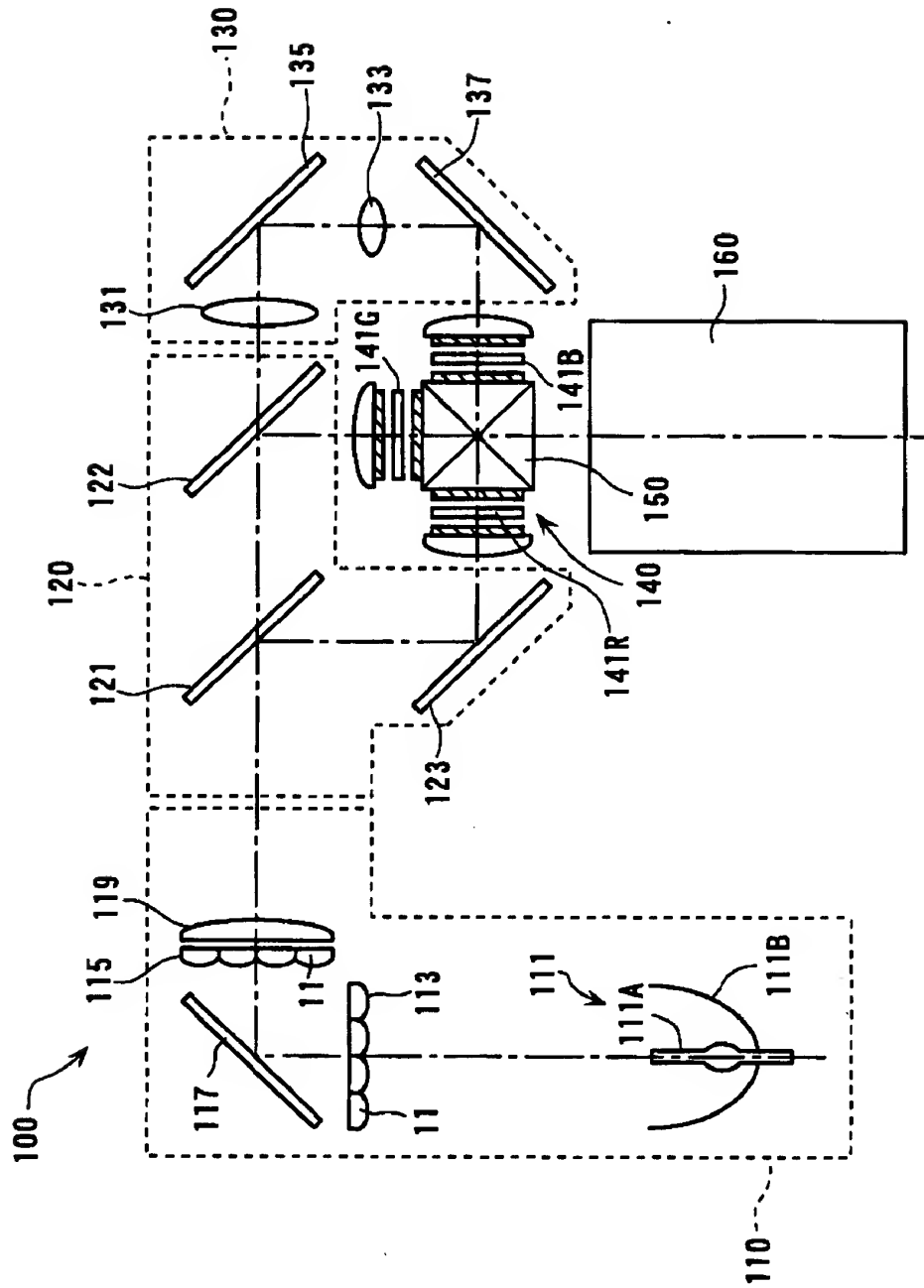
【図2】



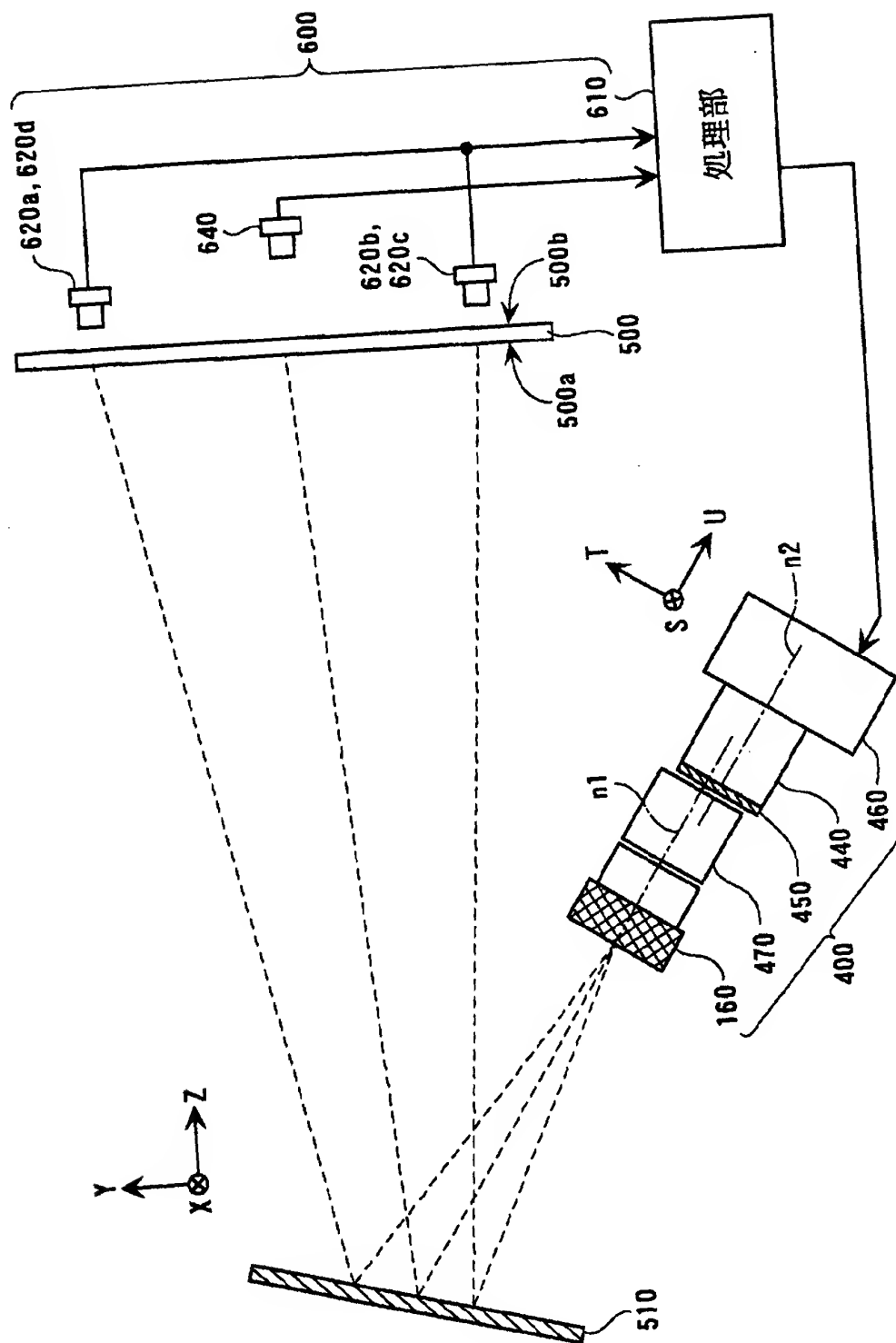
【図3】



【図4】

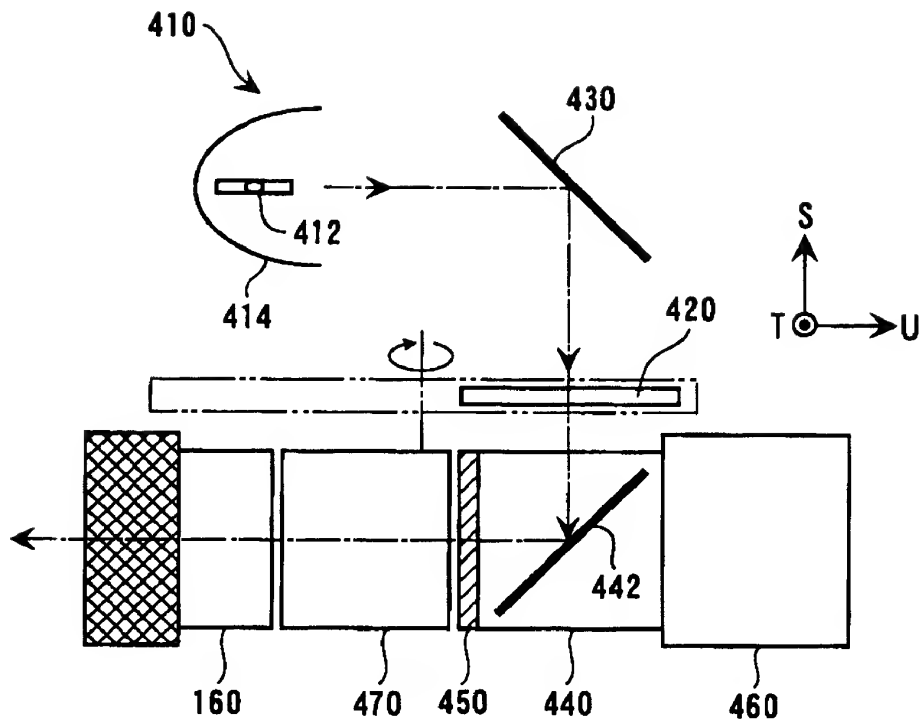


【図5】

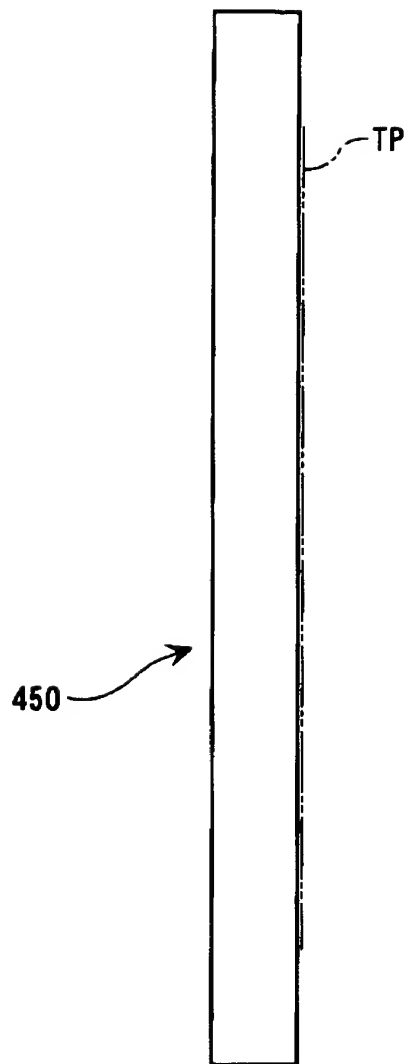


【図 6】

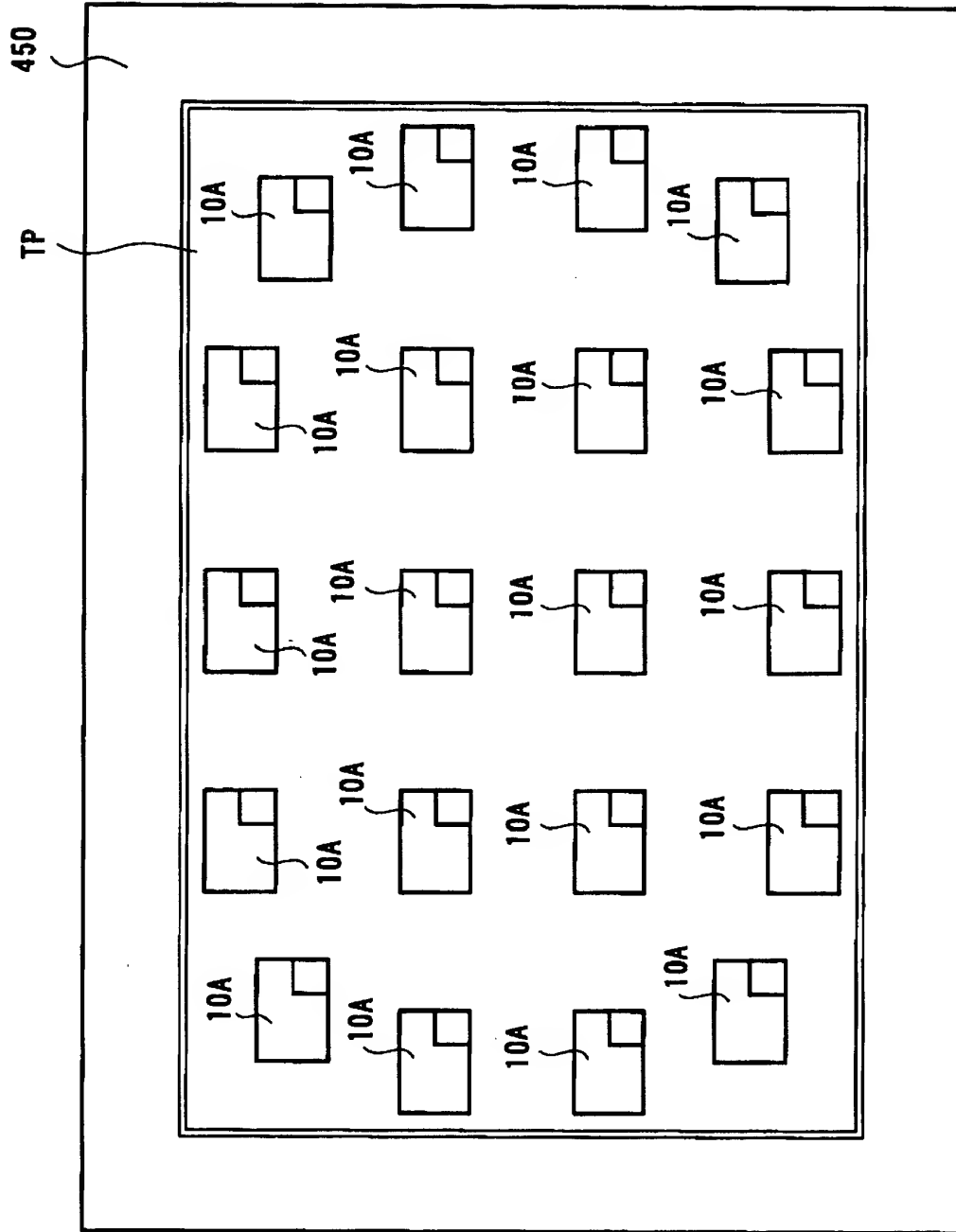
400



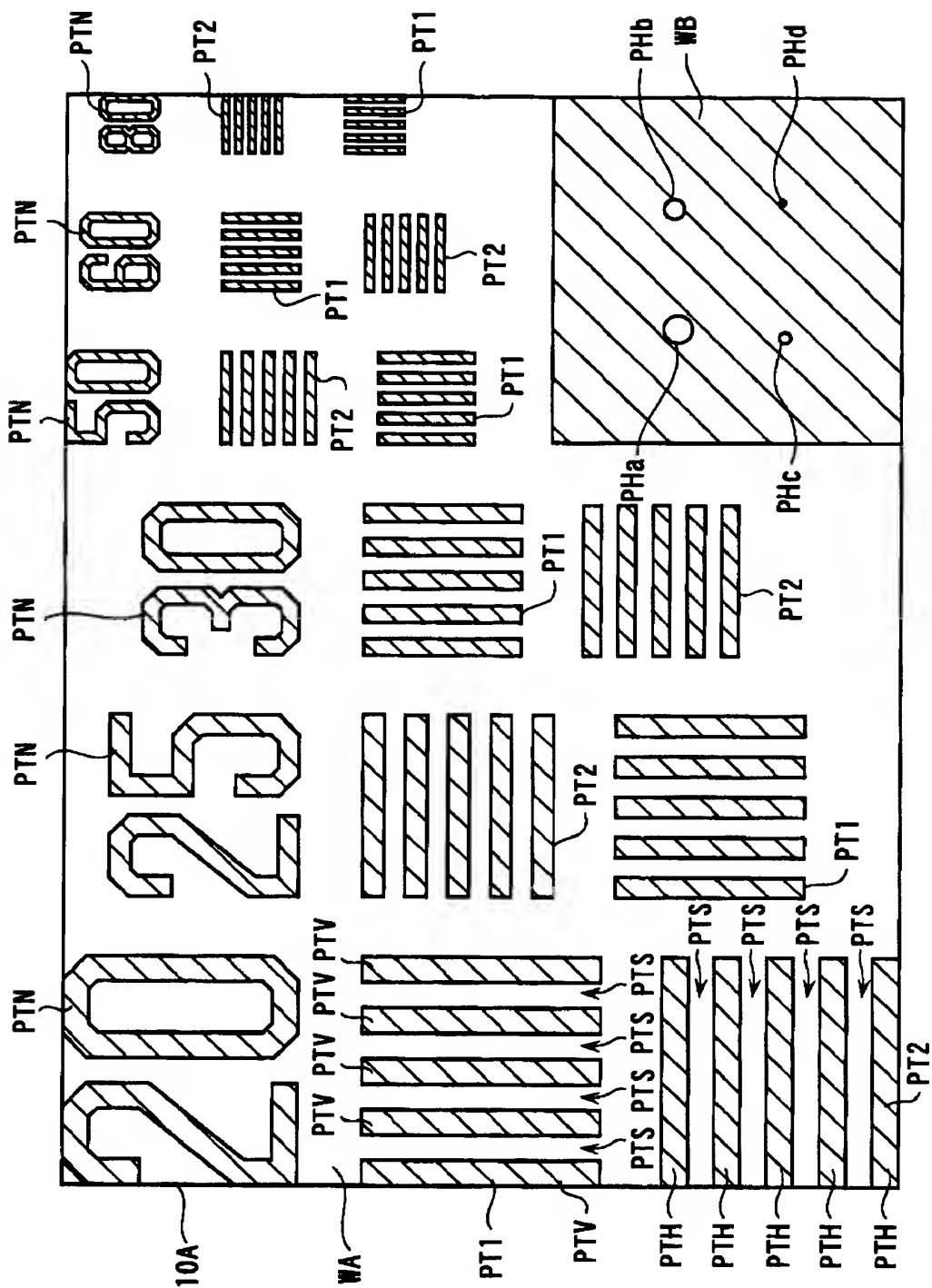
【図 7】



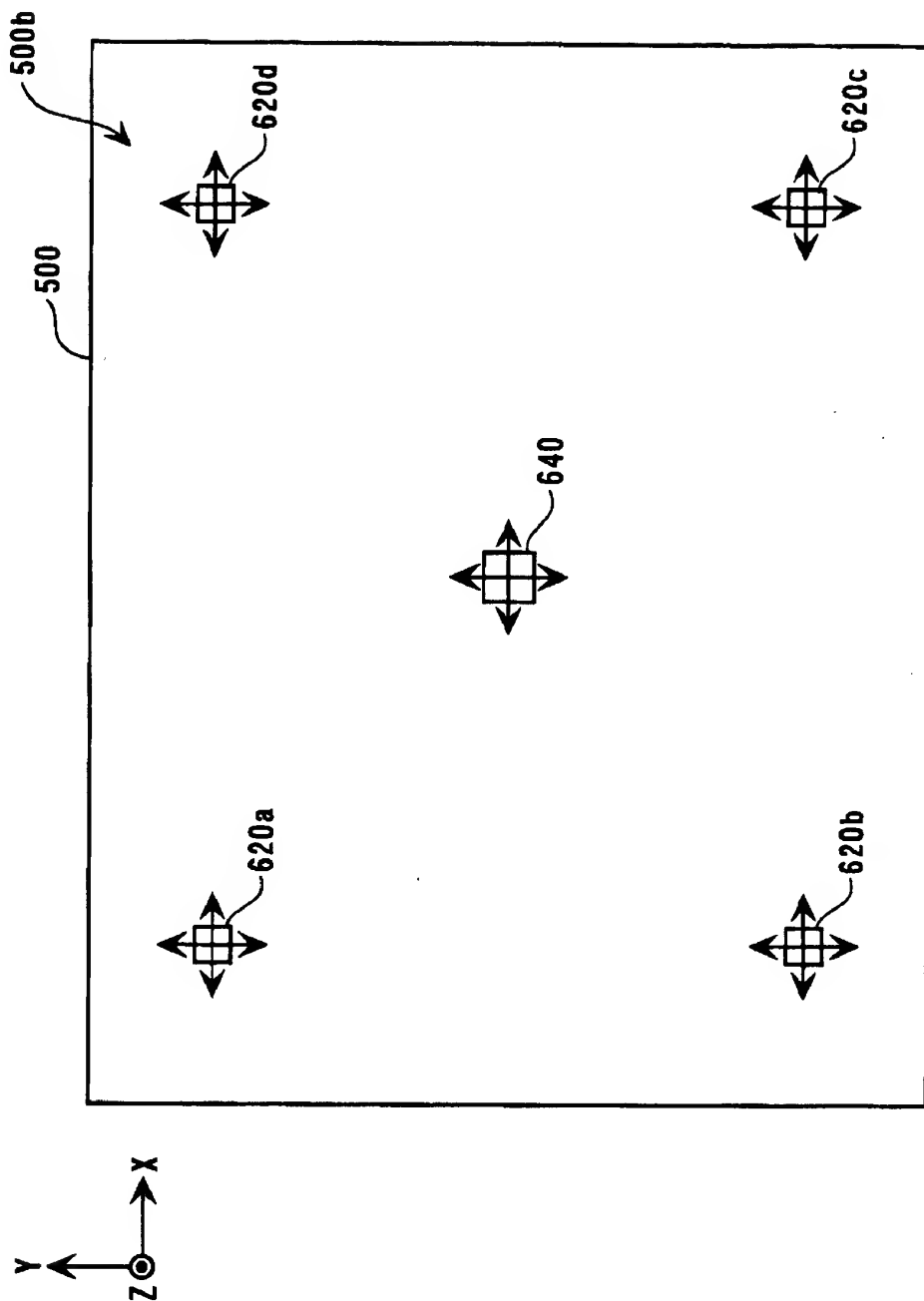
【図 8】



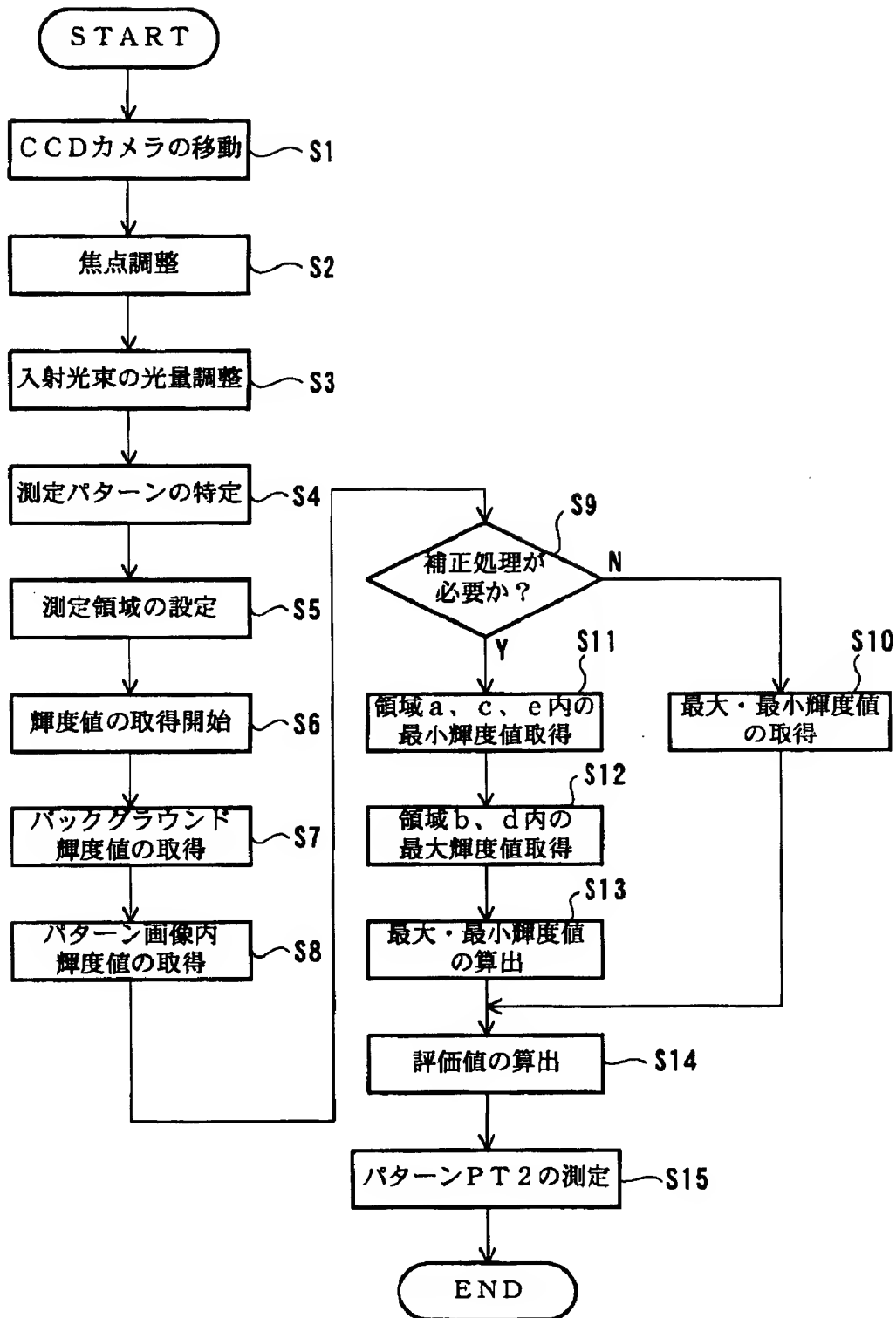
【図9】



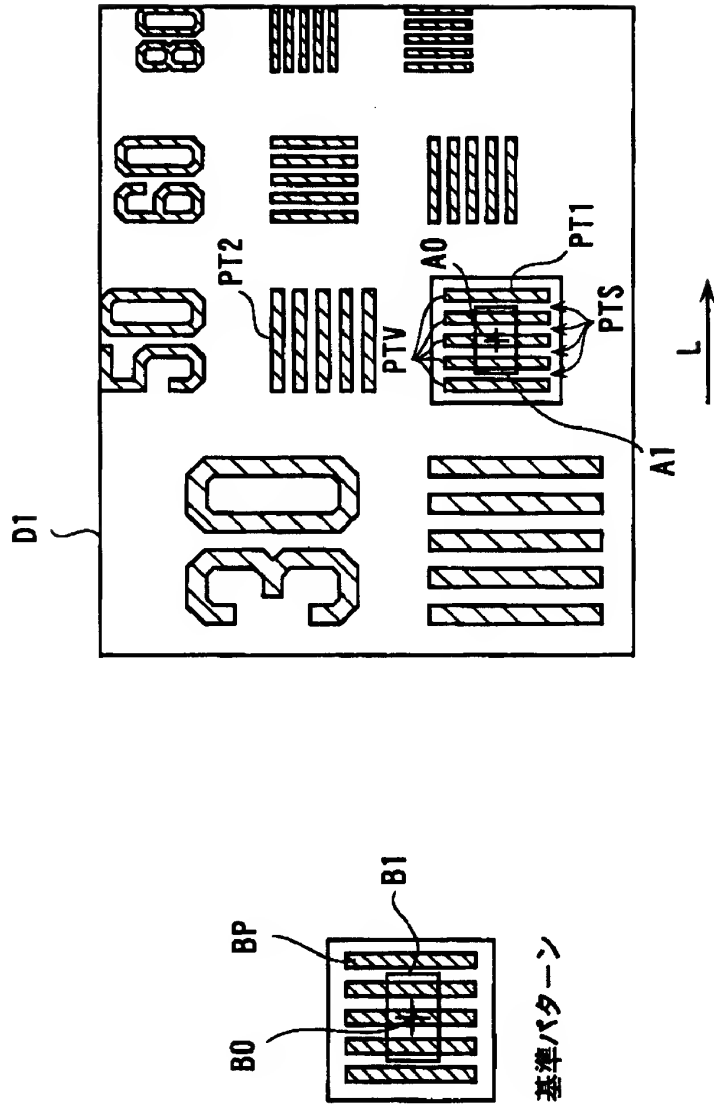
【図 1 0】



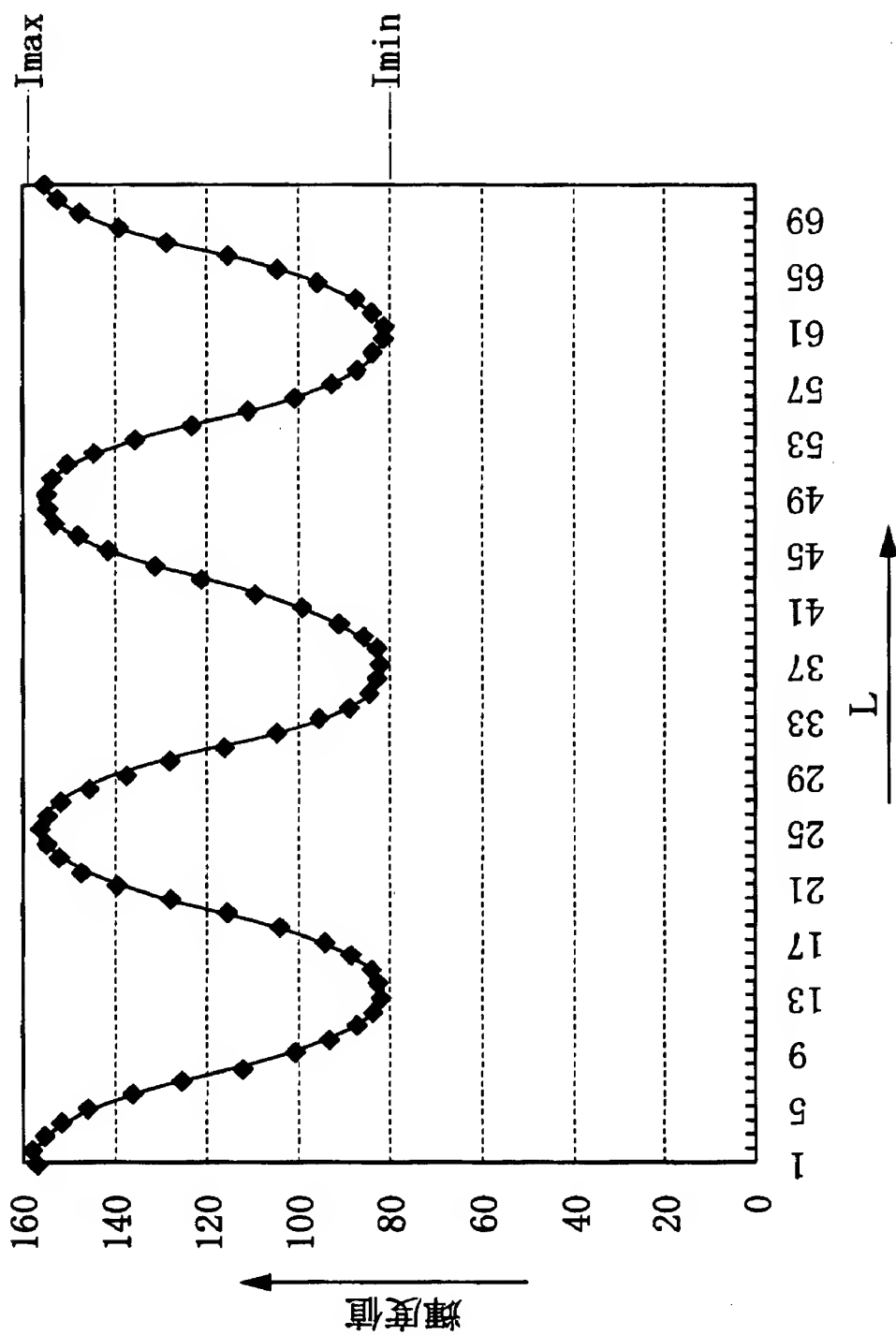
【図 11】



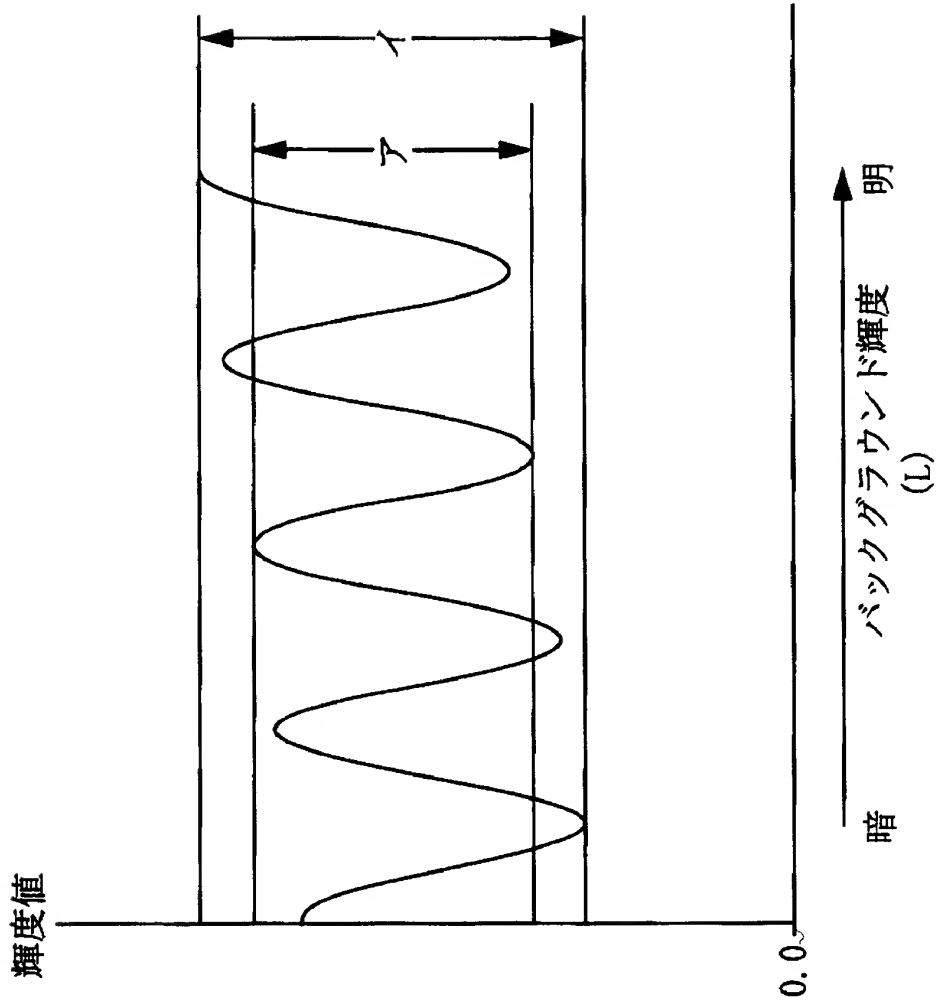
【図 12】



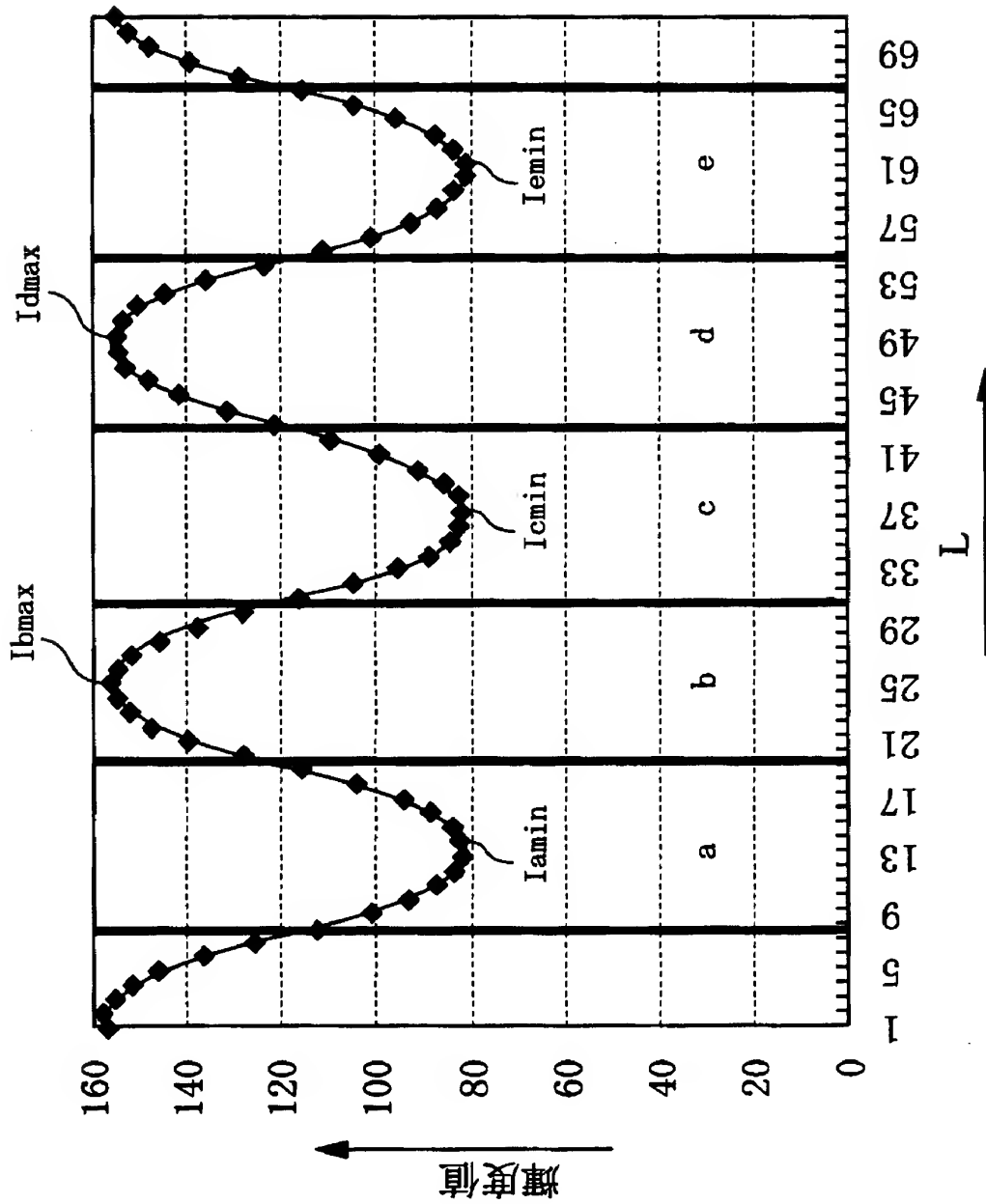
【図 13】



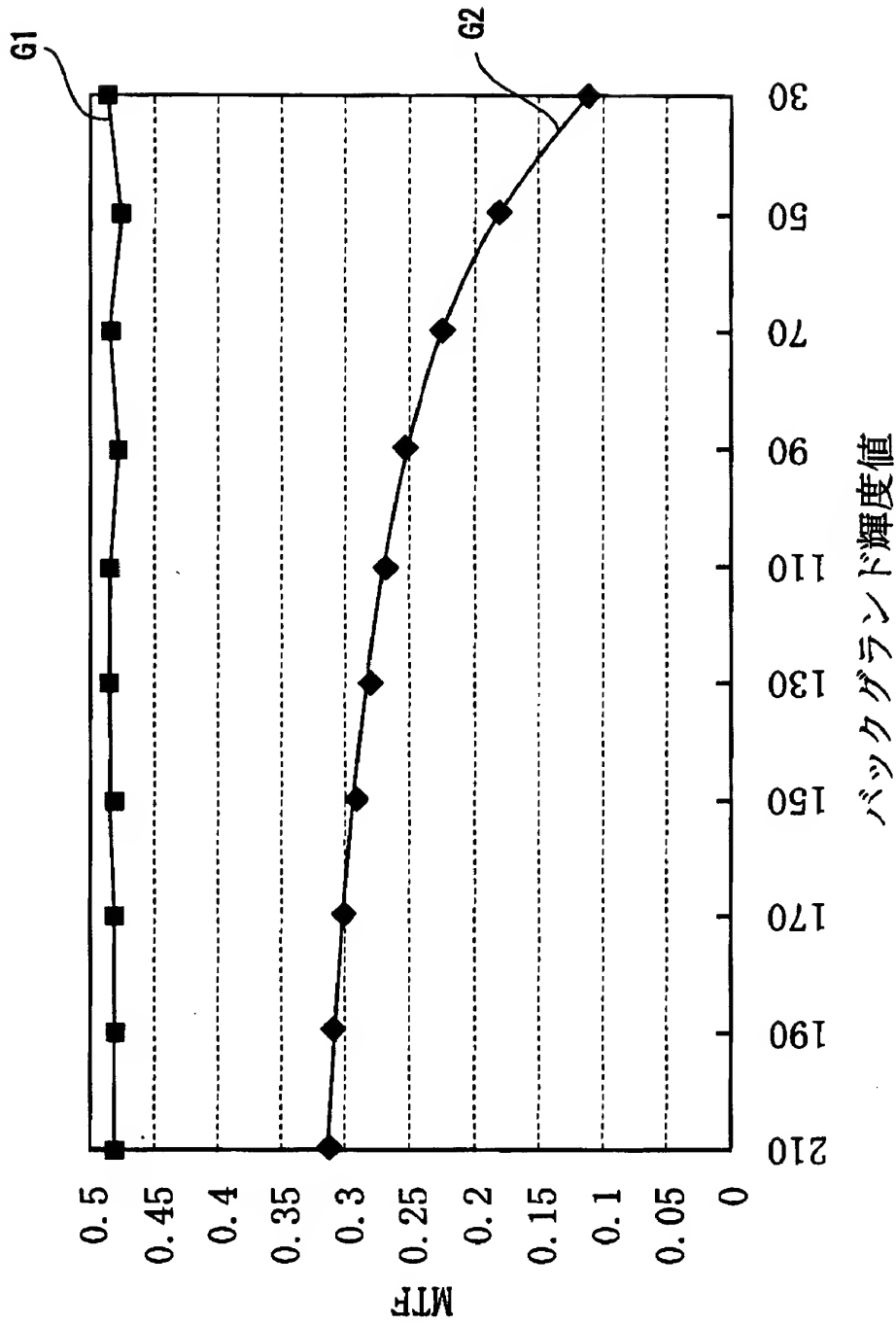
【図 1 4】



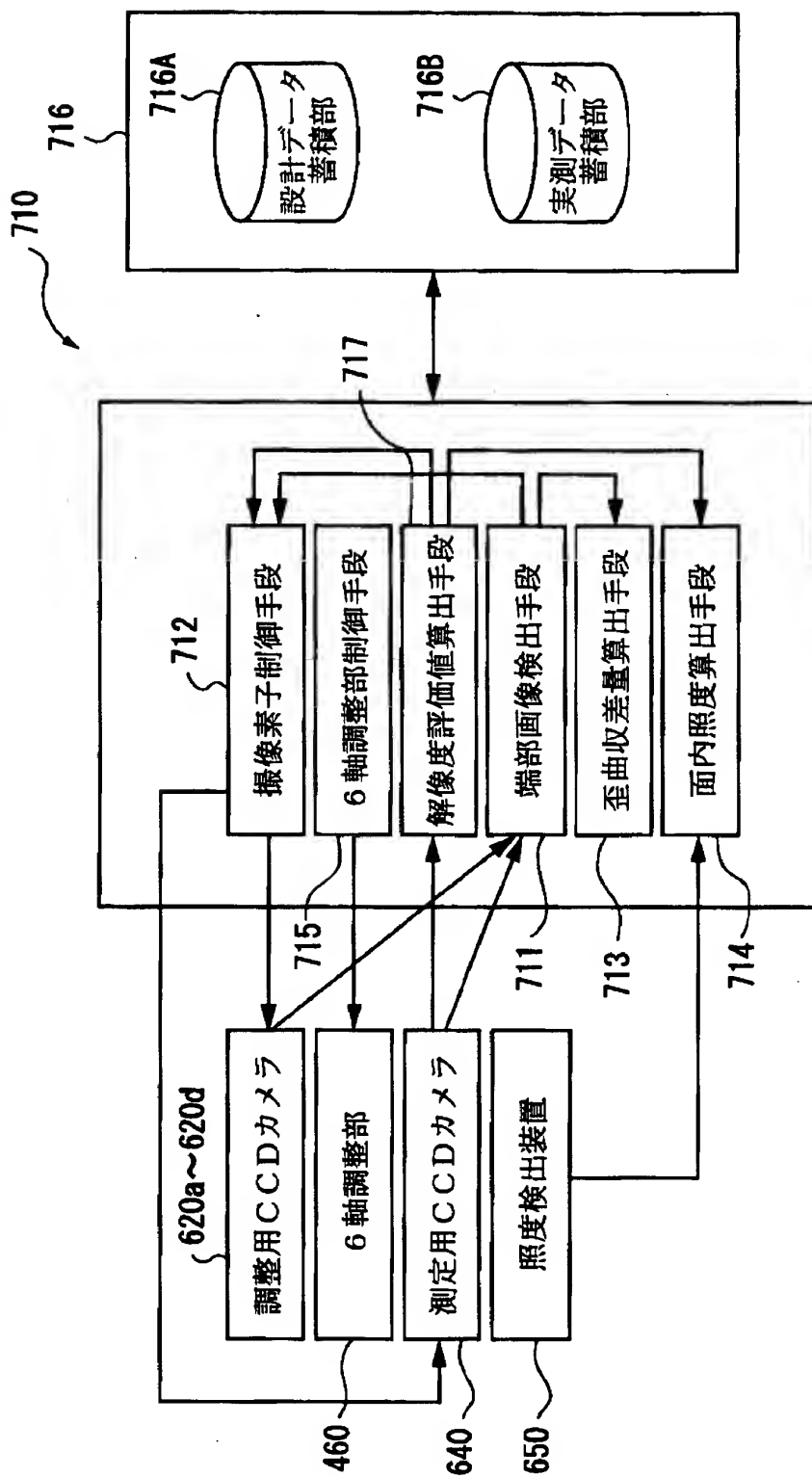
【図 15】



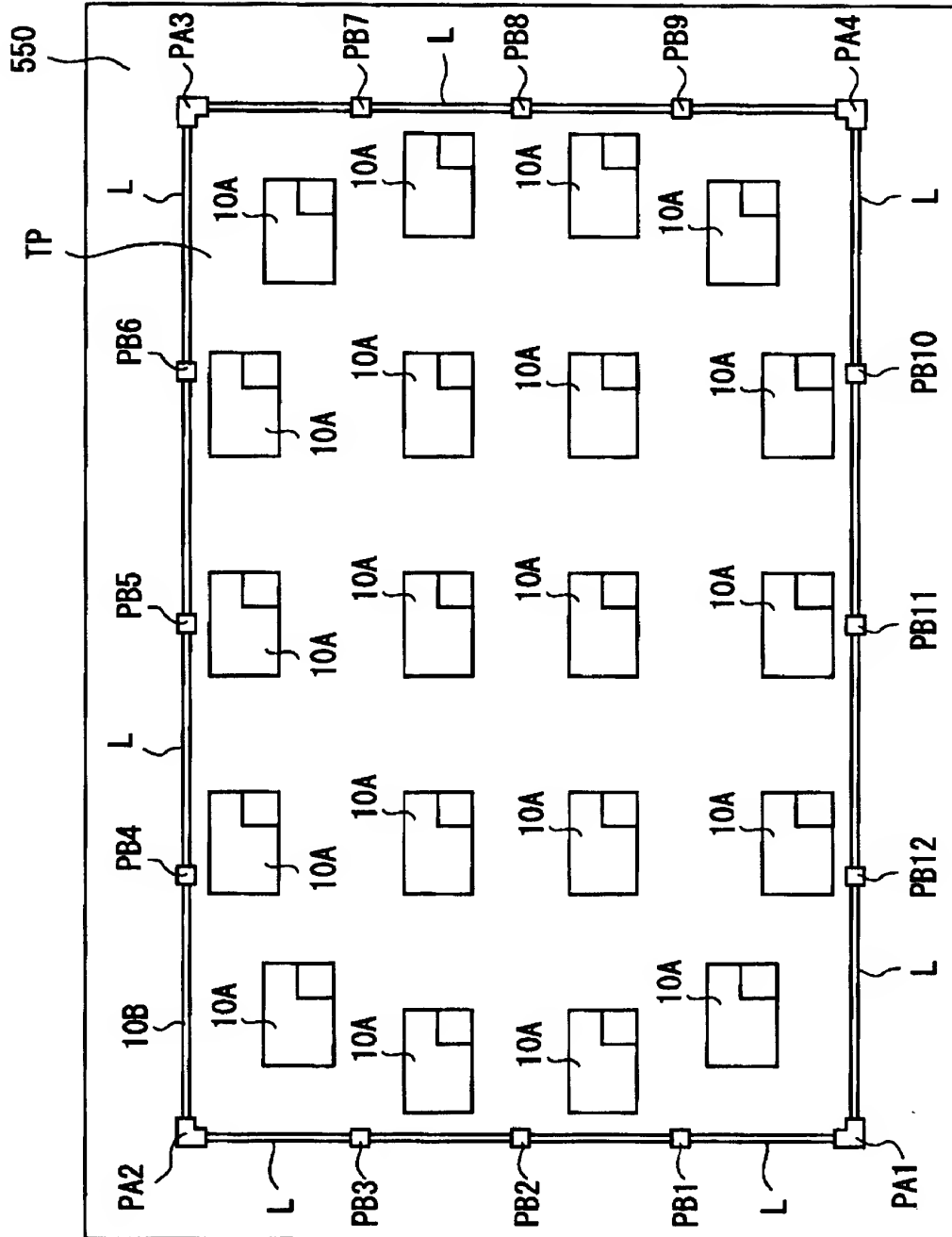
【図 16】



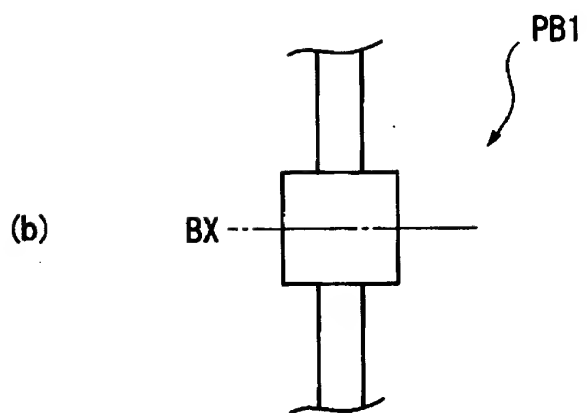
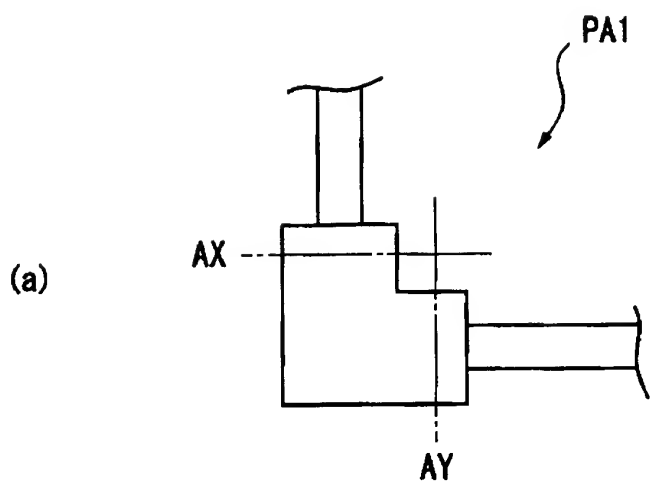
【図17】



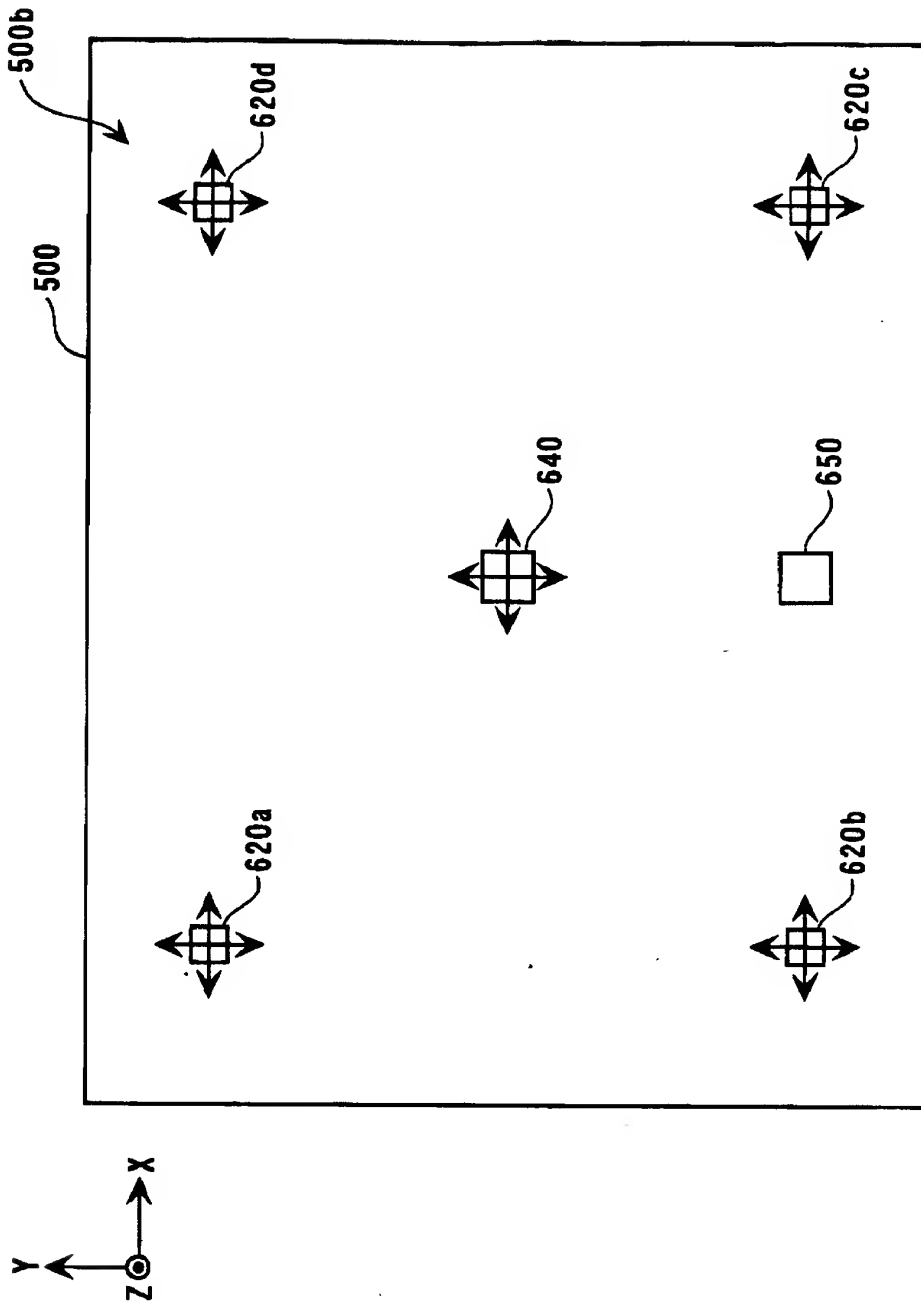
【図 18】



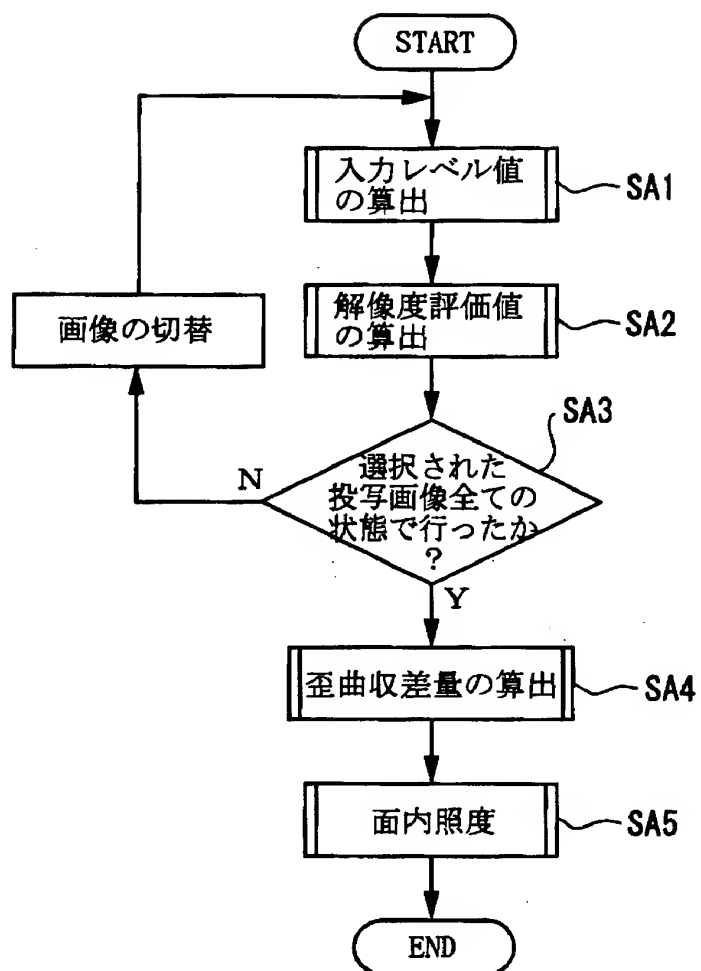
【図 19】



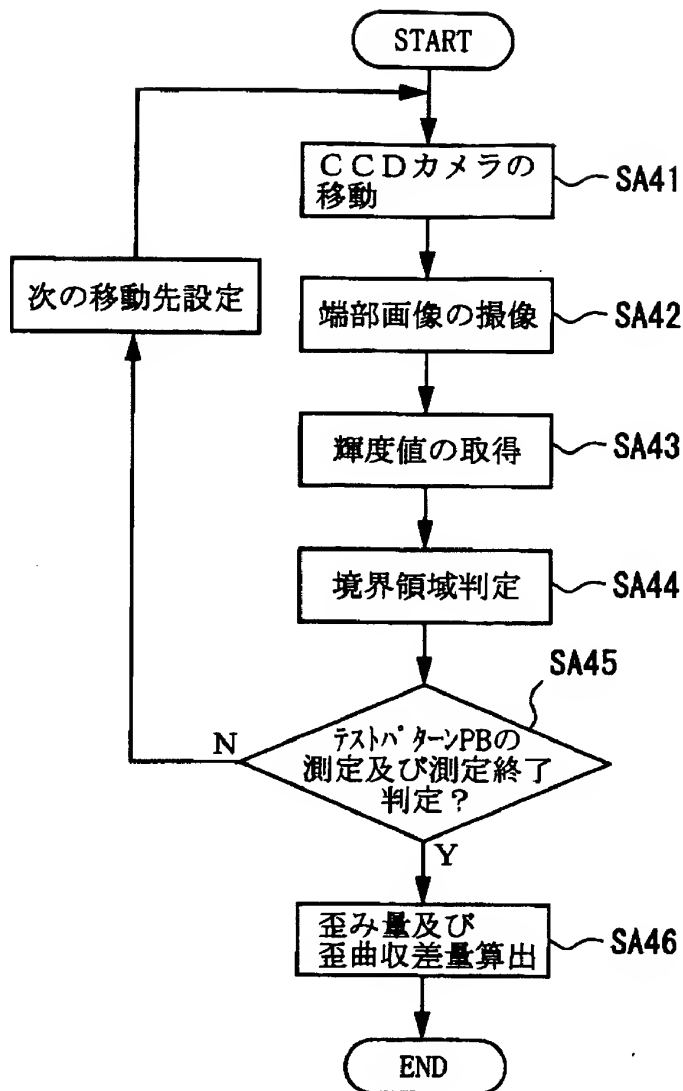
【図 20】



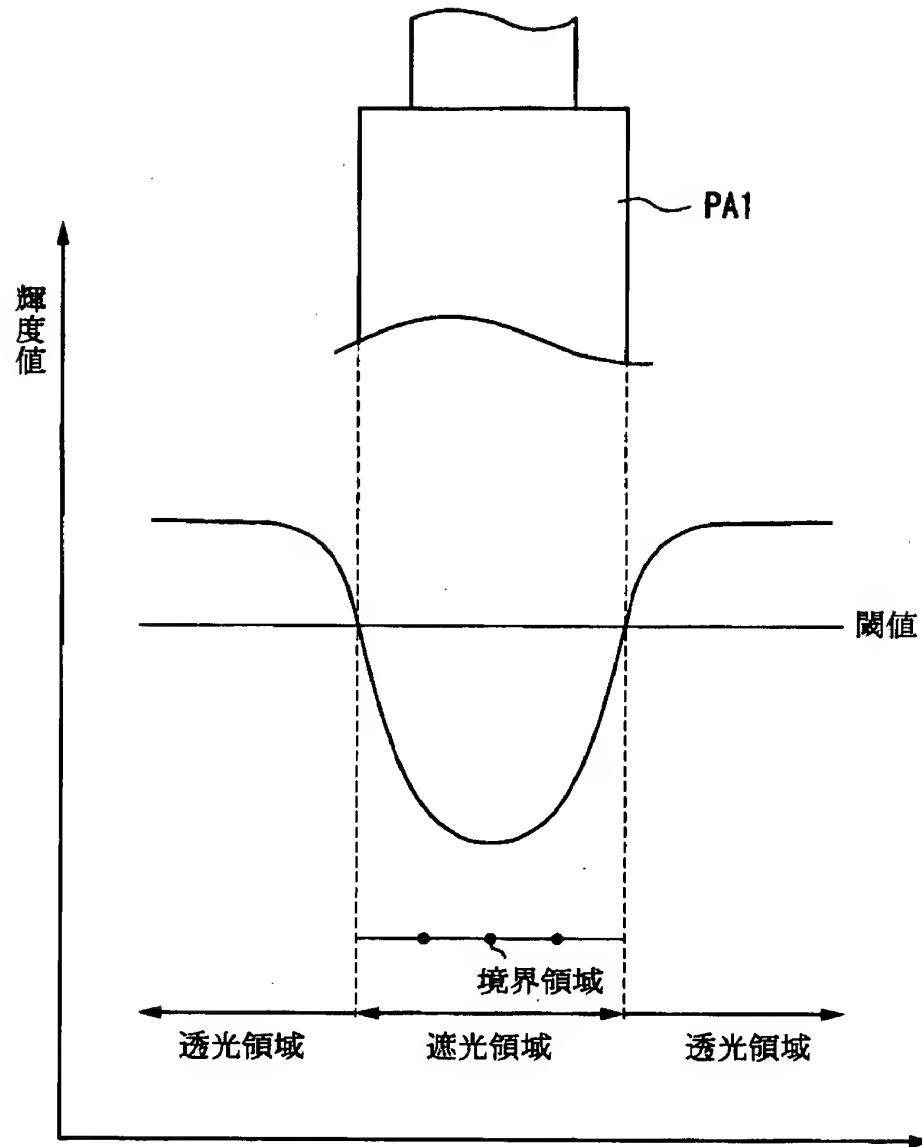
【図 21】



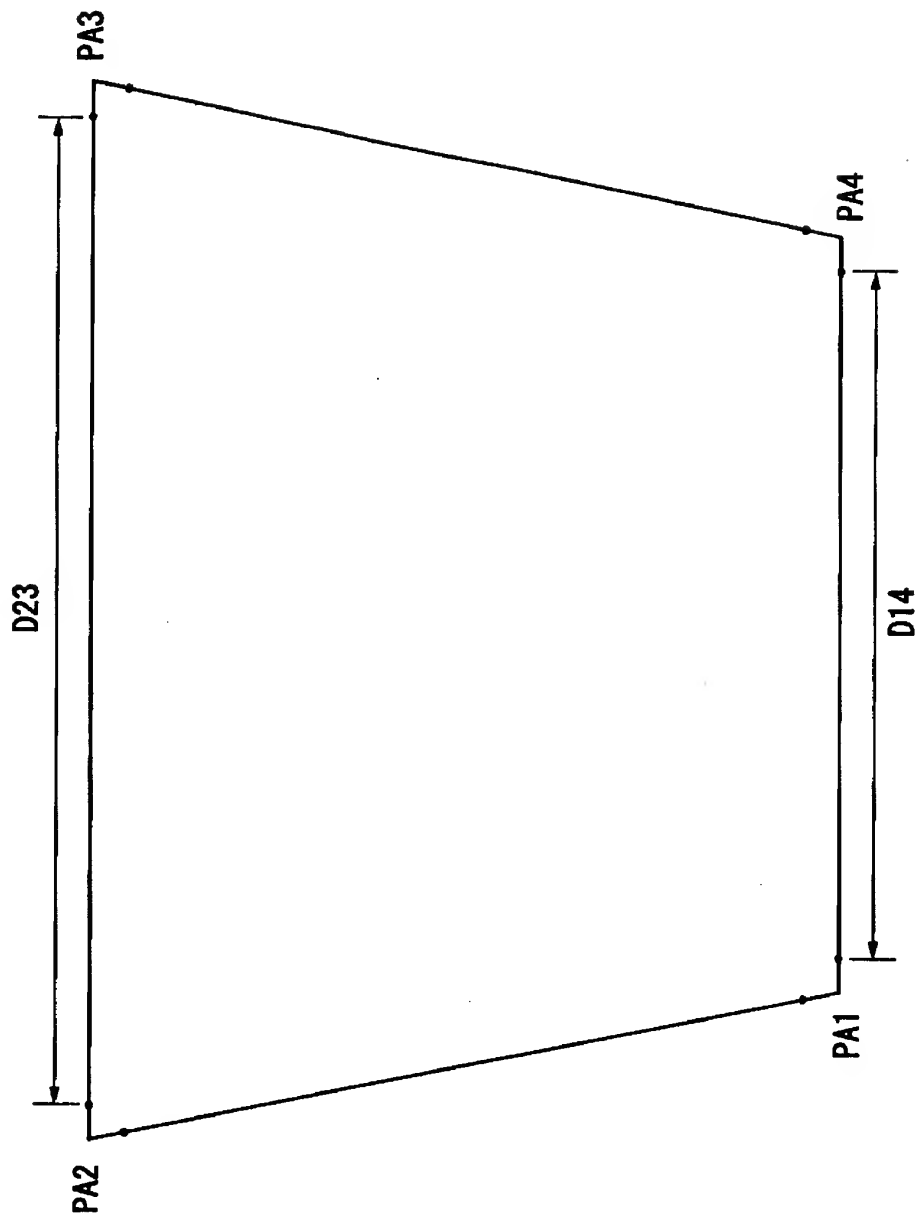
【図 2 2】



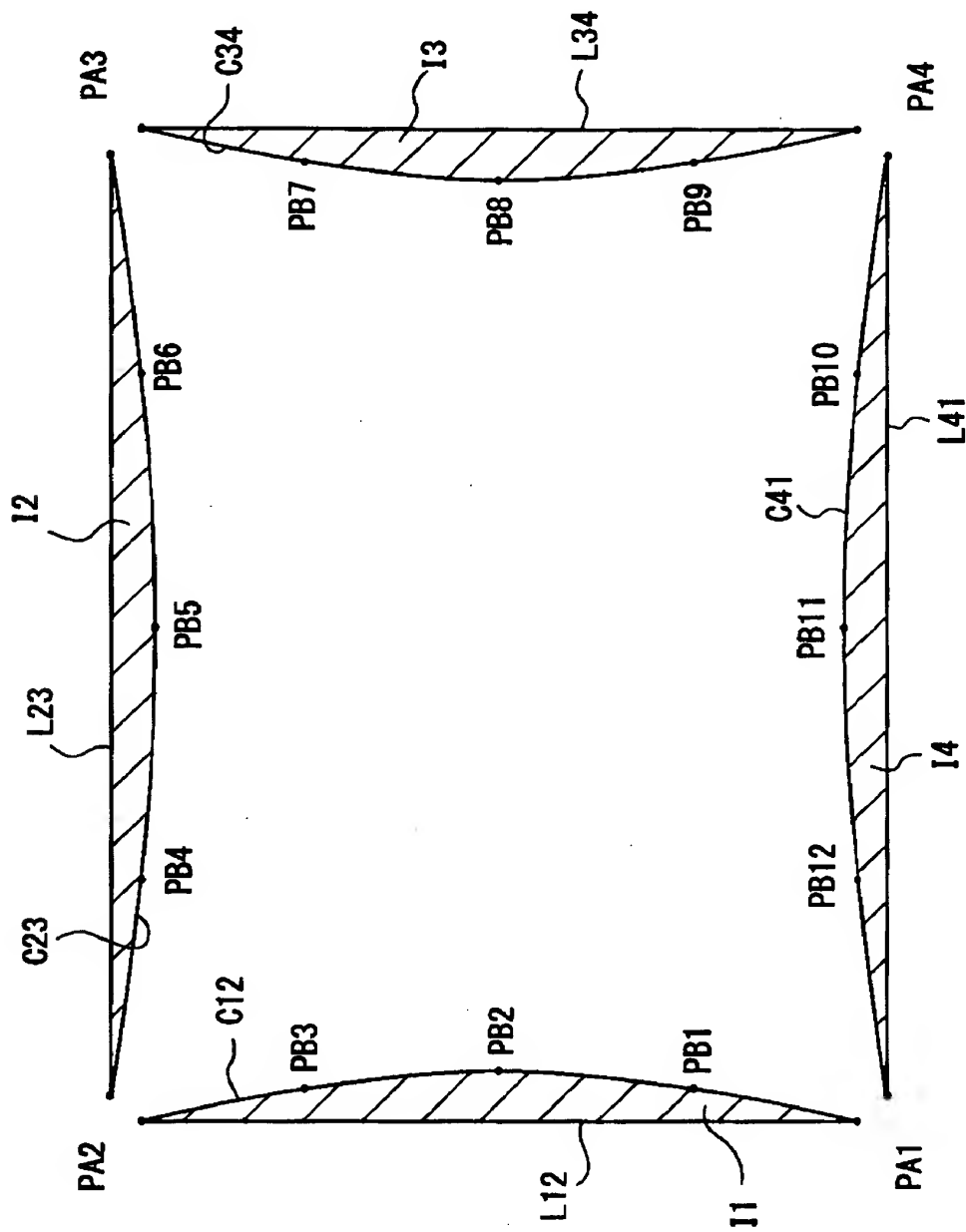
【図 2 3】



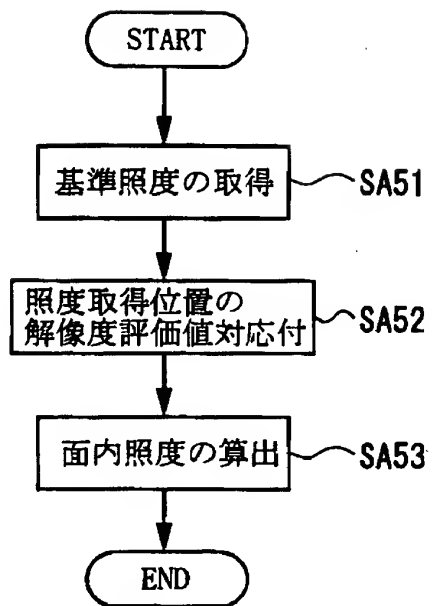
【図 24】



【図25】



【図 2 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レンズの解像度の評価を、プロジェクタの機種や測定場所に影響されることなく、適正に行うことのできるレンズの評価方法を提供すること。

【解決手段】 レンズの解像度を評価するために、解像度測定用のテストパターン画像を撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、検出された輝度値に基づいて解像度評価値を算出するレンズの評価方法は、テストパターンが形成されていないバックグラウンド部分の輝度値を取得するバックグラウンド輝度値取得手順 S 7、テストパターン画像中の最大輝度値を取得する最大輝度値取得手順 S 1 0、S 1 3、最小輝度値を取得する最小輝度値取得手順 S 1 0、S 1 3、および各手順で得られた輝度値に基づいて解像度評価値を算出する評価値算出手順 S 1 4 を備えている。

【選択図】 図 1 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002369]

1. 変更年月日 1990年 8月20日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
氏 名 セイコーエプソン株式会社